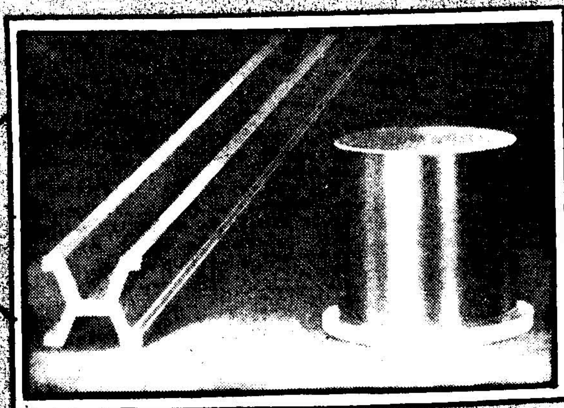
அளவீட்டுத் திட்டங்கள்

[SYSTEMS OF UNITS]



இல. க. இரத்தினவேல்



த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—911

அளவீட்டுத் திட்டங்கள்

(அலகுகள் பற்றிய ஒரு பார்வை நூல்)

SYSTEMS OF MEASUREMENTS
INCORPORATING
SYSTEMS OF UNITS

ஆசிரியர்

இல. க. இரத்தினவேல்,
இயற்பியல் துறை,
நந்தனம் அரசு ஆடவர் கல்லூரி,
சென்னை-600 035



தமிழ்நாட்டுப்
பாடநூல் நிறுவனம்
கல்லூரிச் சாலை, சென்னை-600 006

First Edition—March, 1990
Number of Copies—1000

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 911

SYSTEMS OF MEASUREMENTS

L. K. RATHNAVEL

விலை: ரூ. 45-10

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

This book has been printed on concessional paper made available by the Government of India.

Printed by:
Bhagat Printers, Madras-600 016

அணிந்துரை

(பேராசிரியர் க. அன்பழகன், தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

கல்வியின் பயன் சிறக்கவும், பயிலும் மாணவர்களின் அறிவுத் திறன் வளரவும் தாய்மொழியே பயிற்றுமொழியாக அமையவேண்டும் என்பதும் பல துறை அறிஞரும் உடன்படும் கருத்து. துவக்கக் கல்வி முதல் கல்லூரிக் கல்வி வரையில் மாநில மொழியான தமிழ், பயிற்று மொழியாக இடம் பெறச் செய்ய வேண்டும் என்பது தமிழக அரசின் கொள்கை. 'எதிலும் தமிழ்—எங்கும் தமிழ்' என்னும் உயர்நிலை உருவாக அறிவு வளர்க்கும் கல்வி அனைத்தும் தமிழில் வடிவுகொள்ள வேண்டும். உயர் நிலையில் (கல்லூரியில்) பயிலும் கல்வியினால் எய்தும் அறிவுத் திறன், எளிதாக மக்களிடையே பரவுவதற்கும் தாய்மொழியில் பயிற்றுவிப்பது துணையாவது என்பதனையும் கருதியே—கல்லூரியிலும் தமிழைப் பயிற்றுமொழியாகக்கொண்டு கற்பிக்க வழி செய்யப்பட்டுள்ளது. கலைத்துறைப் பாடங்களில் மட்டு மன்றி அறிவியல் பாடங்களிலும், சட்டத்துறைக் கல்வியிலும் பயிற்றுமொழியாக இடம்பெற்றுள்ள தமிழ் பொறியியல், மருத்துவ இயல் கல்வியிலும் இடம்பெற வேண்டும் என்பது தமிழக அரசின் விழைவு.

தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என ஆர்வத்துடன் முனைந் துள்ள ஆசிரியர்தம் ஒத்துழைப்பு, தாங்கள் தேர்ச்சி பெற்றுள்ள துறைகளில் தமிழில் பாட நூல்கள் வரைந்துதவ முன்வந்துள்ள ஆசிரியர்தம் கடமையுணர்வு, பிற துறைகளில் பணியாற்று வோராயினும் தமிழில் பாடநூல்கள் இயற்றுவதில் காட்டும் ஆர்வம்—ஆகியவற்றின் பயனாக இத்திட்டம் நாம் மனநிறைவு கொள்ளும் வண்ணம் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகிறது.

கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள், அறிவியல்—கலை முதலான பல துறைப் பாடங்களையும் மாணவர்கள் சிந்தித்துத் தெளிவடையு மாறு தமிழில் பயிற்றுவிப்பதற்கான பயிற்சியை—மதுரைக் காமராசர் பல்கலைக்கழகமும், சென்னைப் பல்கலைக்கழகமும் நடத்தி வருவது குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

வரலாற்றியல், அரசியல், பொருளியல், கணிதவியல், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், விலங்கியல், தாவரவியல்,

புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், அளவையியல், மெய்ப் பொருளியல், வானியல், புள்ளியியல், சட்டவியல், பொறியியல், மருத்துவவியல் முதலான அனைத்துத் துறைகளிலும் மூல நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்னும் இருவகையிலும் இயற்றப்பட்ட நூல்களைத் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுவருகின்றது.

இவற்றுள் ஒன்றாக வெளிவரும் **அளவீட்டுத் திட்டங்கள்** என்னும் இந்நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் **876**வது வெளியீடாகும்.

கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளிவந்துள்ள **35** நூல்களையும் சேர்ப்பின் இதுவரை **911** நூல்கள் வெளியிடப் பட்டுள்ளன. இந்நூல், நடுவண் அரசின் கல்வி - சமூகநல அமைச்சகத்தின் ''மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்''படி வெளிவந்துள்ளது.

தமிழ்நாட்டு மாணவர்கள்—உலக மாணவரிடையில் சிறப் பான தகுதியும் திறமையும் உடையவர்களாய் விளங்கவேண்டும் என்பதே நமது குறிக்கோள். கல்லூரி—பல்கலைக்கழகக் கல்வி நிலையில் கலை—அறிவியல்—தொழில்நுட்பப் பாடங்களைப் பயிலும் மாணவர்கள்—தமிழில் பயில்வதால் அவர்கள் பயின்று தேரும் அறிவு அவர்தம் இயல்பான சிந்தனைத் திறனை வளர்ப் பதுடன், அவர்கள் மூலம் நாட்டுக்கும்—பொதுமக்கட்கும் எளிதில் பயனுடையதாகி, சிறந்த அறிவுச் செல்வம் பரவிடும் நிலை ஏற்படும் என்பதில் ஐயமில்லை.

ஒரு தலைமுறையாகவே கல்வி பெறும் முயற்சியில் ஈடுபடும் நிலை உடையார், உயர் கல்வித்தகுதி பெறுவதற்குப் பிற மொழித் திறனில் உள்ள குறைபாடு இடையூறாவதைக் கருதுவோர் தமிழ்மொழியே—பயிற்று மொழியாக வேண்டும் என்றே விழைவர். அறிவு—எம்மொழியினும் பெறலாவது எனினும் தாய்மொழியில் பெறுவதே எளிது, தகுந்த பயன் விளைவிப்பது என்பதை உளங்கொண்டு, தமிழைப் பயிற்று மொழியாகச் செயற்படுத்தும் உயரிய நோக்கம் வெற்றிபெற மாணவர்களும் ஆசிரியர்களும் ஒத்துழைத்திட வேண்டுகிறேன்.

க. அன்பழகன்
கல்வி அமைச்சர்

மாணவர்களுக்குக் குறிப்பு

இந்நூலில் பயன்படுத்தப்பெற்றுள்ள குறியீடுகளில் எழும் எந்த ஓர் ஐயப்பாட்டினையும் தெளிவிக்க, குறியீட்டு விளக்கம் (பக். உ — கசா) உதவும். கருத்தமைவுகளுக்கு நூன்முகம் (பக். கள — கூஅ) காணவும். பொதுப் பொருளடக்கத்தைப் பார்த்து நூலின் பாகங்களை வேறுபடுத்தியறியவும். அதிகார உள்ளடக்கத்துக்கு அப்பகுதி முழுவதையும் பார்க்கவும்.

இந்நூல் அச்சிடப்பட்டுக் கொண்டிருந்ததற்கிடையில் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுப் பொது மாநாடுகள் மூன்று நடந்து முடிந்தன. அவற்றின் பரிந்துரைக் குறிப்பைப் பிற்சேர்க்கை 2-ல் காணவும். அலகு மாற்றத்துக்காக அணிகள் (மேட்ரிக்ஸ்) அணுகுமுறைக்குப் பிற்சேர்க்கை 1-ஐப் படிக்கவும்.

அளவும் எண்ணும்

நீங்கள் ஏதாவது ஒன்றைப்பற்றித் தெரிந்திருக்கலாம். எனினும் அதை உங்களால் அளக்க முடிந்தால், அதை உங்களால் எண்ணிக்கையில் கூற முடிந்தால், நீங்கள் அதைப்பற்றித் தெளிவாகவே அறிந்திருக்கிறீர்கள் என்பது உண்மை.

— கெல்வின் கோமகன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

இரண்டாம் பாகம்

அளவீட்டு அறிவியல்

பக்கம்

மூன்றாம் பாகம்

அறிவியற் கணிசங்கள்

பக்கம்

நான்காம் பாகம்

அட்டவணை, பின்னிணைப்புகள்

பக்கம்

படங்களின் பட்டியல்

படம்		பக்கம்

அறிஞர் உருவப்படங்கள்

அளவீட்டுத் திட்டங்கள்

(நூல் தொடங்குகிறது)

அறிவியலால், தமிழால், வளர்க! வாழ்க!!

——:o:——

கணிசம் எண் மதிப்பலகு பரிமானம்[1] என்கின்ற
கருத்தாலே வரைய றுத்துக்
கண்டஅள வீடுகளால் அண்டவெளி தன்வீடாய்க்
கொண்டவன்இம் மாந்த னன்றோ!

அணியுறும்சீர் அறிவியலின் மணியுறுப்பாய்ப் பொலிகின்ற
அளவீட்டின் தெளிவை யீட்டி
ஆய்ந்துரைத்து நறுந்தமிழில் நான்கிதழாய்[2] விரிந்துமணம்
ஆக்கும்நல் நோக்கத்தி னற்

பணிகொண்டு படைத்திட்ட 'அளவீட்டுத் திட்டம்'எனும்
பனுவல்அறி வியல்அதனை யே
பைந்தமிழின் அமிழ்தினில் நனைந்துகமழ்ந் தமைந்திடநாம்
பயில்வதுவே நயன்மையெனும் ஓர்

உணர்வைநம் மாணவரின் உள்ளத்தில் ஊட்டஅவர்
ஒளிர்பரிசு பெறவாழ்க வே!
உயர்கஅறி வியற்றமிழால் அயற்புலமும் வியக்கும்வணம்
உலகமுழு தும்புகழ வே!

[1] அளவீட்டின் நான்கு உறுப்புகள்: கணிசம், எண்மதிப்பு, அலகு, பரிமானம்.

[2] இந் நூலின் நான்கு பாகங்கள்.

குறியீட்டு விளக்கம்

குறியீடுகள்	அச்சிடப்படவேண்டிய எழுத்து
கணிசம்	சரிவெழுத்து (italic)
வெக்டர்	தடித்த சரிவெழுத்து (bold italic)
டென்சார்	தடித்த முனைநீக்கிய எழுத்து (bold sans serif)
அலகு	செங்குத்து எழுத்து (roman, univers medium)
முன்னொட்டு	செங்குத்து எழுத்து
எண்கள்	செங்குத்து எழுத்து
தனிமம்	செங்குத்து எழுத்து

லத்தீன் வரியன்

1. அலகுக் குறியீடுகள் (செங்குத்து எழுத்து **roman or univers medium)**

A	ஆம்பியர்	ampere
Å	ஆங்ஸ்ட்ராம்	angstrom
B	பெல்	bel
Bi	பயாட்	biot
C	கூலும், பெருங்கலோரி	coulomb, big calorie
°C	பாகை செல்சியசு	degree celcius
Ci	கியூரி	curie
D	டீபை, டயாப்டர்	debye, dioptre
E	ஐன்ஸ்டீன்	einstein
F	பேரட்	farad
°F	பாகை பாரன்ஹீற்று	degree fahrenheit
Fi	பெர்மி	fermi
Fr	பிராங்க்ளின்	franklin
G-	ஜீகா — (முன்னொட்டு)	giga — (prefix)
G	கால்	gal
Gb	கில்பெர்ட்	gilbert
Gs	கௌஸ்	gauss
H	ஹென்ரி	henry
Hz	ஹேர்ட்சு	hertz

J	ஜௌல்	joule
K	கெல்வின்	kelvin
L	லேம்பர்ட்	lambert
Lz	லென்ஸ்	lenz
M-	மெகா-	mega-
Mx	மேக்ஸ்வெல்	maxwell
N	நியூட்டன்	newton
Np	நெப்பர்	neper
Oe	எர்ஸ்டெட்	oersted
P	பாய்ஸ்	poise
Pa	பாஸ்கல்	pascal
R	ராண்ட்சன்	roentgen (சில வேளைகளில் r என்றும் குறிக்கப்படும்)
Rd	ரூதர்போர்டு	rutherford
Ry	ரிட்பெர்க்	rydberg
S	சீமென்	siemens
Sav	சேவர்ட்	savart
Sb	ஸ்டில்ப்	stilb
St	ஸ்டோக்ஸ்	stokes
T-	டெரா-	tera-
T	டெஸ்லா	tesla
Torr	டார்	torr (torr என்றே பெரும்பாலும் குறிக்கப்படுகிறது)
Tor	டார்	tor (tor என்றே குறிக்கப்படுகிறது)
V	வோல்ட்	volt
W	வாட்	watt
Wb	வீபர்	weber
XU	X அலகு	X unit

a-	ஆட்டோ-	atto-
a	ஏர்	are
amu	அணுநிறை யலகு	atomic mass unit
asb	அப்போஸ்டில்ப்	apostilb
at	தொழில்நுணுக்க நிலவளி	technical atmosphere
atm	படித்தர நிலவளி	standard atmosphere
b	பார்ன்	barn
bar	பார்	bar
bit	பிற்	bit
c-	சென்டி-	centi-

c	செண்ட்	cent
cal	கலோரி	calorie
cd	கேண்டலா	candela
(cm	சென்டிமீட்டர்	centimetre)
d-	டெசி-	deci-
d	பக்கல், நாள்	day
da	டெகா	deka
dB	டெசிபெல்	decibel
dyn	டைன்	dyne
erg	எர்ஃ	erg
eV	எலக்ட்ரான் வோல்ட்	electron volt
f-	பெம்டோ-	femto-
g	கிராம்	gram
h-	ஹெக்டோ-	hecto-
h	மணி	hour
hp	குதிரைத் திறன்	horse power
k-	கிலோ-	kilo-
kg	கிலோகிராம்	kilogram
kn	நாட்	knot
l, li	லிட்டர்	litre
lm	லூமென்	lumen
lx	லக்ஸ்	lux
m-	மில்லி-	milli-
m	மீட்டர்	metre
min	நிமையம்	minute
mm Hg	மில்லிமீட்டர் இதள்	millimetre mercury
mm H_2O	மில்லிமீட்டர் நீர்	millimetre water
mol	மோல்	mol
n-	நேனோ-	nano-
n mile	நாவாய் மைல்	nautical mile
nt	நிட்	nit
oct	எண்மம்	octave
p-	பிக்கோ-	pico-
p	போன்	phon
pc	பார்செக்	parsec
ph	போட்	phot
pz	பீய்ஸ்	pieze
q	குவின்டால்	quintal
r	ராண்ட்சன் (காண்க: R)	
rad	ரேட், ஆரயன்	rad, radian

s	நொடி	second
sn	ஸ்தெனே	sthene
sr	திணாரயன்	steradian
ton	டன்	ton
torr	டாரி	torr (காண்க: Torr)
tor	டார்	tor (காண்க: Tor)

2. கணிசக் குறியீடுகள் *(சாய்வு எழுத்து italic)*

A — பரப்பு area
வேலை work
நெருக்கம் affinity
பொருண்மை எண் mass number
அணுக்கரு எண் nuclear number

ABC — உருள்வ மாறிலிகள் rotational constants

C — கொண்மை capacity ; கொண்மம் capacitance
வெப்பக்கொண்மை heat capacity

C_P — அழுத்தம் மாறா வெப்பக்கொண்மை
heat capacity at constant pressure

C_v — பருமம் மாறா வெப்பக்கொண்மை
heat capacity at constant volume

D — விரவற் குணகம் diffusion coefficient

E — நெகிழ்வுக் குணிதம் modulus of elasticity
எங் குணிதம் Young's modulus
ஆற்றல் energy ; மின்னியக்கு விசை emf

E, E_e — கதிர்ப்பூட்டம் irradiance

E, E_v — ஒளியூட்டம் illumination, illuminance

E_F — பெர்மி ஆற்றல் Fermi energy

E_K — இயக்க ஆற்றல் kinetic energy

E_P — நிலைப்பாற்றல் potential energy

F — ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் கோவை Helmholtz function
பேரடே மாறிலி Faraday's constant
உருள்வக்கூறு rotational term
மீநுண் குவான்ட எண் hyperfine quantum number
அச்சு வழியிலான மொத்தக் கோணஉந்தத்தின் குவான்ட எண் qu.n. of total angular momentum along axis

G — ஈர்ப்பு மாறிலி gravitational constant, எடை weight, சறுக்குக் குணிதம் shear modulus, கிப் கோவை Gibb's function, கடத்தம் conductance, விதிர்வக் கூறு vibrational term, விடுபட்ட ஆற்றல் free energy

H	என்தால்பி enthalpy போல்ட்சுமான் கோவை Boltzmann function ஹாமில்டோனியன் கோவை Hamiltonian function
I, I_e	கதிர்ப்பச் செறிவு radiant intensity
I	அயனி வலிமை ionic strength மொத்தக் கூறு total term
I, I_V	ஒளிர்வச் செறிவு luminous intensity
I	அணுக்கருத் தற்சுழற்சிக் குவான்ட எண்
I_m	காந்த இயக்குவிசை
J	விசைய வெப்பச் சமனி mechanical equivalent of heat செயற்பாட்டுத் தொகுவன் action integral கோணஉந்த, மொத்தக் கோணஉந்த, உருள்ப மற்றும் அணுக்கருத் தற்சுழற்சிக் குவான்ட எண்கள்
K	இயக்க ஆற்றல் kinetic energy பருமக் குணிதம் bulk modulus சிலவகைக் குவான்ட எண்கள் சமன மாறிலி equilibrium constant தகவு மாறிலி constant of proportionality
K_T	வெப்ப விரவத் தகவு thermal diffusion ratio
L	பாதை path தன்மின் நிலைமம் (தூண்டம்) self inductance சுற்றுப்பாதைக் கோணஉந்தக் குவான்ட எண்
L, L_e	கதிர்ப்பம் radiance
L_N	ஒலி முழக்க மட்டம் loudness level
L, L_V	ஒளிர்வியம் luminance
L	(அவாகாட்ரோ மாறிலி Avogadro constant) லேஃக்ராஞ்சியன் கோவை Lagrangian function
M	பரிமாற்றுத் தூண்டம் mutual inductance காந்தக் குவான்ட எண் magnetic quantum number
$M, (M_V)$	ஒளிர்வ உமிழ்வம் luminous emittance
M_B	(B பொருளின்) மோலார் நிறை
M_J, M_S, M_F, M_I	புறப்புலத்திசையில் அந்தந்த ஆக்கக் கூறுகளின் (J, S, F, I) குவான்ட எண்
N	சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை number of turns மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை number of molecules செறிவுக் கரைசல் normal solution மொத்தக்கோண உந்தத்தின் குவான்ட எண்
N_A	அவாகாட்ரோ மாறிலி Avogadro constant

P	திறன் power; எடை weight
	கதிர்ப்பத் திறன் radiant power
	கதிர்ப்பப்பாயம் radiant flux
	நிகழ்தகவு அடர்த்தி probablity density
	ஒத்த அச்சு வழியிலான கோணஉந்த ஆக்கக்கூறின் குவாண்ட எண்
Q	வெப்ப அளவு quantity of heat
	மின்சார அளவு quantity of electricity
$Q, (Q_v)$	ஒளியின் அளவு quantity of light
Q	நான்முனைச் சுழலம் quadrupole moment
	தன்மைக் கூற்றெண் quality factor
	பிரிப்புக் கோவை partition function
	வினையாற்றல், மீள்வினையாற்றல் reaction energy
	சிதைவு ஆற்றல் disintegration energy
$Q, (Q_l)$	கதிர்ப்ப ஆற்றல் radiant energy
R	தடை resistance
	அணுக்கரு ஆரம் nuclear radius
	மோலார் வளிம மாறிலி molar gas constant
R, R_e	நீளவாகு நெடுக்கம் linear range
R_H	ஹால் குணகம் Hall coefficient
R_∞	ரிட்பெர்க் மாறிலி Rydberg constant
S	பரப்பு area
	என்ட்ரபி entropy
	ஹாமில்டன் பண்பியக்கோவை characteristic function of Hamilton
	பகுவெப்ப மின்திறன் differential thermoelectric power
	தற்சுழற்சிக் குவாண்ட எண் spin quantum number
S, S_l	நீளவாகு நிறுத்துதிறன் linear stopping power
S_a	அணுவ நிறுத்துதிறன் atomic stopping power
S_p	ஹாமில்டன் முதன்மைக் கோவை principal function of Hamilton
T	முறைமை period
	வெப்ப இயக்க வெப்பநிலை thermodynamic temperature
	இயக்க ஆற்றல் kinetic energy
T_C	கியூரி வெப்பநிலை Curie temperature
T_e	மின்னியிய (எலக்ட்ரானிய)க் கூறு electronic term
T_N	நீல் வெப்பநிலை Neel temperature
$T_{\frac{1}{2}}$	வாழ்வரை half-life

U	மின்னழுத்த வேறுபாடு potential difference
	அக ஆற்றல் internal energy
	இழுவிசை tension
V	பருமம் volume
	நிலைப்பாற்றல் potential energy
	மின்னழுத்தம் electric potential
	மின்னழுத்த வேறுபாடு potential difference
	இழுவிசை tension
W	வேலை work; ஆற்றல் energy
	கதிர்ப்ப ஆற்றல் radiant energy ;
	எடை weight
	ஹாமில்டன் முதன்மைக் கோவை
X	எதிர்வுக்கூறு reactance
Y	ஏற்பம் admittance
Z	அணுவெண் atomic number
	புரோட்டான் எண் proton number
	பிரிப்புக் கோவை partition function
a	முடுக்கம் acceleration
	வெப்ப விரவம் thermal diffusivity
	நீளவாகு உட்கவர் (இஞ்சற்) கூற்றெண் linear absorption factor
b	அகலம் breadth
	மோதுகை வேறி impact parameter
c	வெற்றிடத்தில் ஒளியின் செலவு (speed)
	ஒலியின் கதி velocity of sound
c^l	நெடுக்கலையின் கதி velocity of longitudinal waves
c_t	குறுக்கலையின் கதி velocity of transverse waves
c_g	குழுக்கதி group velocity
c_B	B பொருளின் மோலாரிட்டி
c	தனிவெப்பக்கொண்மை specific heat capacity
c_p	அழுத்தம் மாறாதபோது தனிவெப்பக் கொண்மை
c_V	பருமம் மாறாதபோது தனிவெப்பக் கொண்மை
d	தடிமம் thickness
	விட்டம் diameter
	ஒப்படர்த்தி relative density
	அடுத்தடுத்த படிகணித் தளங்களுக்கு இடையிலான தொலைவு
	விதிர்வ வகையின் இழிபு

d_{mn}	அழுத்த மின்குணகம் piezoelectric coefficient
e	இருப்பிட அடிப்படை மின்ஊட்டம்
f	அதிர்வு, அதிர்வம், அடுக்கம் frequency
	பொதிகைக் கூறு packing fraction
	(உராய்வுக் குணகம் friction coefficient)
f_B	செயலூக்கக் குணகங்கள் activity coefficients
$f(c)$	கதிப் பரத்தீட்டுக் கோவை velocity distribution function
$f^{T\frac{1}{2}}$	குறைப்பித்த வாழ்வரை reduced half-life
g	ஊடழுத்தக் குணகம் osmotic coefficient
	g கூற்றெண் g factor
	தானாய் விழுவதன் முடுக்கம் acceleration of free fall
g_n	தானாய் விழுவதன் படித்தர முடுக்கம் standard acceleration of free fall
h	உயரம் height
	பிளாங்க் மாறிலி Planck's constant
$h_1, h_2, h_3;$ $h, k, l,$	மில்லர் குறியீடுகள் Miller indices
j	செயல் தொகுவன் action integral
j_i	கோணஉந்தக் குவாண்ட எண்
k	போல்ட்சுமான் மாறிலி Boltzmann constant
	பிணைப்புக் குணகம் coupling coefficient
	வட்டவடிவ அலையெண்
l	நீளம் length
	சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு mean free path
	விதிர்வுக் கோணஉந்தக் குவாண்ட எண்
l_i	சுற்றுப்பாதைக் கோணஉந்தக் குவாண்ட எண்
m	கரைசலின் மோலாலிட்டி molality of solution
	கட்ட எண் phase number; காந்தக் குவாண்ட எண்;
	நிறை mass; மூலக்கூற்று நிறை; எலக்ட்ரான் நிறை
m_{eff}	எலக்ட்ரானின் செயற்படுநிறை effective mass of electron
m, m_e	எலக்ட்ரான் நிறை
m_a	அணுநிறை atomic mass
m_N m_n	நியூட்ரான் நிறை neutron mass
m_p	புரோட்டான் நிறை proton mass
m_u	ஒருங்கியைந்த அணுநிறை மாறிலி
m	π—மீசான் நிறை

n (ஒளி) விலக்கெண் index of refraction
மீட்சிநிலை order of reflection
பண்டளவு amount of substance
மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையடர்த்தி number density of molecules
முதன்மைக் குவாண்ட எண் principal quantum number

p அழுத்தம் pressure

p, p_i பொதுப்பித்த உந்தம் generalised momentum

q, q_i பொதுப்பித்த ஆயம் generalised coordinate

r ஆரம் radius
கரைசல்களின் மோல்தகவு mole ratio of solutions

r_e எலக்ட்ரான் ஆரம் electron radius

s பாதை path
ஒப்புமை எண் symmetry number
நீள் நெடுக்கநிலை வேறி long range order parameter

s_i தற்சுழற்சிக் குவாண்ட எண்

t காலவிடை, நேரம்
வெப்பநிலை temperature

v (பருமம், volume) தனிப்பருமம் specific volume
விதிர்வுக் குவாண்ட எண் vibrational quantum number

w மின்காந்த ஆற்றலடர்த்தி electromagnetic energy density

w_B B பண்டத்தின் நிறைக்கூறு mass fraction of substance B

x_B B பண்டத்தின் மோல்கூறு

$x\ y\ z$ வெளி ஆயங்கள் space coordinates

$x_0\ x_1\ x_2\ x_3$ சார்பியன்மை ஆயங்கள் relativistic coordinates

z அயனியின் ஊட்டஎண் charge number of ion

z_B B பண்டத்தின் செயலூக்கம் activity of substance B

3. வெக்டர் (தடித்த சரிவெழுத்து bold italic)

A காந்தத் திசையுளி அழுத்தம் magnetic vector potential

B காந்தப்பாய அடர்த்தி (அ) காந்தத் தூண்டம் magnetic flux density or magnetic induction

D மின்சார இடப்பெயர்ச்சி electric displacement

E மின்புல வலிமை electric field strength

F விசை force

H காந்தப்புல வலிமை magnetic field strength

J காந்த முனைவாக்கம் magnetic polarization

L — கோணஉந்தம் என்ற கோண இயக்கத் திணிவு
angular momentum

M — விசையின் சுழலம் moment of a force
காந்தவாக்கம் magnetization

P — மின்கடத்திலி முனைவாக்கம் dielectric polarization

S — பாயின்டிங் திசையுளி Poynting vector
நிகழ்தகவு மின்னோட்ட அடர்த்தி
probability current density

T — திருக்கை torque
இரட்டையின் சுழலம் moment of a couple

a_1, a_2, a_3, a, b, c — படிகணியில் அடிப்படை மாற்றங்கள் fundamental translations for lattice

a^*, b^*, c^*, b_1, b_2, b_3 — தலைகீழ்ப் படிகணியில் அடிப்படை மாற்றங்கள் fundamental translations in reciprocal lattice

b — பர்கெர்ஸ் திசையுளி Burgers vector

c — மூலக்கூற்றுக் கதித்திசையுளி molecular velocity vector

c_0, $\langle c \rangle$ — சராசரிக் கதி (திசைவேகம்) average velocity

j — மின்னோட்ட அடர்த்தி electric current density

k — வட்ட அலைத்திசையுளி circular wave vector
பரப்புகைத் திசையுளி propagation vector (of particles)

k_F — பெர்மி வட்டவடிவ அலைத்திசையுளி
Fermi circular wave vector

m — மின்காந்தச் சுழலம் electromagnetic moment

p — உந்தம் என்ற இயக்கத்திணிவு momentum
மின்சார இருமுனைச் சுழலம் electric dipole moment
மூலக்கூற்று இயக்கத்திணிவுத் திசையுளி
molecular momentum vector

q — வெப்பஓட்ட அடர்த்தி heat current density
பரப்புகைத் திசையுளி propagation vector (of phonons)

r — இருப்பிடத் திசையுளி position vector
படிகணித் திசையுளி vector in crystal lattice
மூலக்கூற்று இருப்பிடத் திசையுளி
molecular position vector

u — கதி, மூலக்கூற்றுக் கதித் திசையுளி

u_0, $\langle u \rangle$ — சராசரிக் கதி

v — கதி (திசைவேகம்)

கிரேக்க வரியன்
(காண்க: 14.1)

1. அலதக் குறியீடுகள் (செங்குத்து எழுத்து)

α-	நிலைப்பு-, நிலை-	stat-
β-	சாரா-	ab-
μ-	மைக்ரோ-	micro-
μ_B	போஹ்ர் மேக்னெட்டான்	Bohr magneton
μ_N	அணுக்கரு மேக்னெட்டான்	nuclear magneton

2. கணிசக் குறியீடுகள் (சாய்வெழுத்து)

Γ	மட்டவீதி level width
Δ	பொருண்மை மிகுதி mass excess
Θ	வெப்பவியக்க வெப்பநிலை thermodynamic temperature
	பண்பிய வெப்பநிலை chiracteristic temperature
Θ_D	டீபை வெப்பநிலை Debye temperature
Θ_E	ஐன்ஸ்டீன் வெப்பநிலை Einstein temperature
Θ_r	உருள்வ வெப்பநிலை rotational temperature
Θ_v	விதிர்வ வெப்பநிலை vibrational temperature
Θ_W	பண்பிய வீய்சு வெப்பநிலை characteristic Weiss temperature
Λ	மடக்கைத்தாழ்ச்சி logarithmic decrement
	முழக்கமட்டம் loudness level
	புகுமியம் permeance
	ஒத்த அச்சுவழியிலான மின்னிய (எலக்ட்ரானிய) சுற்றுப்பாதைக் கோண உந்தத் திசையுளி ஆக்கக் கூறின் குவான்ட எண்
Π	ஊடழுத்தம் osmotic pressure
Σ	பேரளவு வாய்ப்பு macroscopic cross section
	ஒத்த அச்சுவழியிலான மின்னிய (எலக்ட்ரானிய) தற்சுழற்சி ஆக்கக்கூறின் குவான்ட எண்
Φ, (Φ_v)	வெப்பப் பாய்வுமேனி heat flow rate
	ஒளிர்வப் பாயம் luminous flux
Φ, (Φ_e)	கதிர்ப்பப் பாயம் radiant flux
	கதிர்ப்பத் திறன் radiant power
Φ	வேலைக்கோவை work function
Ψ	மின்பாயம்
Ω	திண்மக்கோணம்
	ஒத்த அச்சுவழியிலான மின்னிய (எலக்ட்ரானிய) கோண உந்தத் திசையுளி மொத்தத்தின் குவான்ட எண்

α தளக்கோணம் plane angle
கோணமுடுக்கம் angular acceleration
நீள்விரிவம் linear expansivity
முனைவாகியன்மை polarizability
மெலிப்புக் குணகம் attenuation coefficient
நுண்ணமைப்பு மாறிலி fine structure constant
மீள்கூட்டுக் குணகம் recombination coefficient
அகமாற்றுக் குணகம் internal conversion coefficient
உட்கவர் கூற்றெண் absorption factor

α_a ஒலியியல் உட்கவர் கூற்றெண்
acoustic absorption factor

α_T வெப்ப விரவக் கூற்றெண் thermal diffusion factor

β தளக்கோணம் plane angle
அழுத்தக் குணகம் pressure coefficient
கட்டக் குணகம் phase coefficient

$$\frac{\nu}{c}, \quad \frac{1}{k_B T}$$

γ தளக்கோணம் plane angle
சறுக்குக் கோணம் shear angle
சறுக்குத் திரிபு shear strain
பரப்புகைக் குணகம் propagation coefficient
கடத்தம் conductivity
பரப்பு இழுவிசை surface tension
பரும விரிவம் cubic expansivity
தனிவெப்பக் கொண்மைகளின் தகவு
முனைவாகியன்மை polarizability
சுழல்காந்தவத் தகவு gyromagnetic ratio

γ_B செயலூக்கக் குணகம் activity coefficient

δ தடிமம் thickness
தடையூட்டக் குணகம் damping coefficient
இழப்புக் குணகம் loss angle
கசிவுக் கூற்றெண் dissipation factor

ε இசைவியன்மை permittivity
நீளத்திரிபு linear strain
ஒப்பு நீட்சி relative elongation
மூலக்கூற்றுக் கவர்ச்சியாற்றல்
molecular attraction energy

ε_r ஒப்பு இசைவியன்மை relative permittivity

ε_0 மின்சார மாறிலி electric constant (வெற்றிட இசைவியன்மை)

η — பிசிறம் viscosity (பாகுநிலை)
பயனுறுதிறன், பயன்மை efficiency

θ — தளக்கோணம் plane angle
பருமத்திரிபு volume strain; மொத்தத் திரிபு bulk strain
சிதறுகோணம் scattering angle
பிராக் கோணம் Bragg angle

ν — பிராக் கோணம் Bragg angle
மொத்தத்திரிபு bulk strain
வெப்பநிலை
விதிர்கை vibration

κ — இறுகியன்மை compressibility
தனிவெப்பக் கொண்மைகளின் தகவு
வட்டவடிவ அலை எண் circular wave number

λ — அலைநீளம் wavelength
வெப்பக் கடத்தம் thermal conductivity
சிதைவுமாறிலி disintegration constant
தேய்வு மாறிலி decay constant

λ_B — B பண்டத்தின் சார்பிலாச் செயற்பாடு
absolute activity of substance B

λ_C — காம்ப்டன் அலைநீளம் Compton wavelength

λ — ஒருவகைக் குவான்ட எண் (Λ)

μ — உராய்வுக் குணகம் friction coefficient
பாய்சான் தகவு Poisson's ratio
குறைப்பித்த நிறை reduced mass
சௌல் தாம்சன் குணகம் Joule-Thomson coefficient
தாம்சன் குணகம் (பிசிறம் viscosity)

μ, μ_l — நீளவாகு மெலிப்புக் குணகம்
linear attenuation coefficient

μ_B — போஃர் மேக்னட்டான் Bohr magneton

μ_N — அணுக்கரு மேக்னெட்டான் nuclear magneton

μ_a — அணுவ மெலிப்புக் குணகம்
atomic attenuation coefficient

μ — துகளின் காந்தச் சுழலம் magnetic moment of particle

μ_e — எலக்ட்ரானின் காந்தச் சுழலம்
magnetic moment of electron

μ_m — பொருண்மை மெலிப்புக் குணகம்
mass attenuation coefficient

μ_n — நியூட்ரானின் மெலிப்புக் குணகம்

μ_p புரோட்டானின் மெலிப்புக் குணகம்
μ புக்கியன்மை permeability (புகுதிறம்)
μ_r ஒப்புப் புக்கியன்மை relative permeability
μ_0 காந்த மாறிலி magnetic constant (வெற்றிடப் புக்கியன்மை)

ν அதிர்வு, அதிர்வம், அடுக்கம் frequency
பண்டளவு amount of substance
இயக்க அளவியற் பிசிறம் kinematic viscosity
பாய்சான் தகவு Poisson's ratio

ρ அடர்த்தி density ;
(நிறை) யடர்த்தி (mass) density
மின்ஊட்ட அடர்த்தி charge density
மின்னியின் (எலக்ட்ரானின்) ஊட்ட அடர்த்தி
தடையம் resistivity
மீட்சிக் கூற்றெண் reflection factor

σ பரப்பு இழுவிசை surface tension
மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி surface charge density
கடத்தம் conductivity அலை எண் wave number
குத்துத் தகைவு normal stress
வாய்ப்பு, குறுக்குப் பரப்பு cross section
குறுநெடுக்க நிலைவேறி short range order parameter

σ_e விதிர்வுக்கூறுக்கான கோவையில் உள்ள குணகம் coefficient in expression for vibrational term

σ_i ஒத்த அச்சு வழியிலான மின்னிய (எலக்ட்ரானிய)த் தற்சுழற்சி ஆக்கக் கூறுக்கான குவாண்ட எண்

τ தளர்வு நேரம் relaxation time
நடுமதிப்பு வாழ்நாள் mean life
சறுக்குத் தகைவு shear stress
கடத்துக் கூற்றெண் transmission factor

ϕ காந்தப்பாயம் magnetic flux

χ_m காந்த ஏற்புத்(உட்படு) திறன் magnetic susceptibility

ϕ சிதர்கோணம் scattering angle
ஊடழுத்தக் குணகம் osmotic coefficient
மின்னழுத்தம் electric potential
வெப்ப ஓட்ட அடர்த்தி heat current density

ϕ_{ij} i, j மூலக்கூறுகளுக்கு இடையிலான இடைச்செயல் [ஆற்றல்

ω திண்மக்கோணம் solid angle
துடிப்பம் pulsatance
கோணகதி angular velocity

ω_L லார்மர் கோண அதிர்வம் Larmor angular frequency

3. வெக்டர் (தடித்த சாய்வெழுத்து)

$\boldsymbol{k}$ வட்டவடிவ அலைத் திசையுளி circular wave vector
$\boldsymbol{\mu}$ மின்காந்தச் சுழலம் electromagnetic moment
$\boldsymbol{\sigma}$ அலைத்திசையுளி wave vector

நூலில் பயன்பட்டுள்ள வேறு சில குறியீடுகள்

$<A>$ — A என்ற கணிசத்தின் அலகு
$\{A\}$ — A என்ற கணிசத்துக்கான அலகின் எண்மதிப்பு
$[A]$ — A என்ற கணிசத்துக்கான அலகுப் பரிமாணம்

( ) — அடைப்புக்குறி

எ.டு. — எடுத்துக்காட்டு

ஒ.நோ. — ஒப்புநோக்குக

$a \rightarrow b$ — a-யிலிருந்து b-க்கு
$a \leftarrow b$ — b-யிலிருந்து a-க்கு

Du — Dutch
G — German
Gk — Greek
L — Latin
OE — Old English

அளவீட்டுத் தொடர்புள்ள நிறுவனங்களுக்கான சுருக்கக் குறிகளை 3.1.5., 14.1.2., பக். 81, 82-ல்; 472, 473-ல் காண்க.

நூன்முகம்

"ஆயிரம் முகத்தான் அகன்றது ஆயினும்
பாயிரம் இல்லது பனுவல் அன்றே!"

என்று கூறப்படும்பொழுது, வெறும் ஐந்நூறு பக்க அளவிலான ஒரு நூலுக்குப் பாயிரம் என்னும் நூன்முகம் எவ்வளவு இன்றியமையாதது!

'இந் நூல் எந்நுதலிற்றோ வெனின், அளவியல் நுதலிற்று' என்னும் பழைய தமிழ்நடையைக் கைவிட்டு, எல்லோருக்கும் இனிதாகப் புரியக்கூடிய எளிய தமிழில் எழுதப் பெறுகிறது.

0.1. நூல் தலைப்பு

இந் நூலின் சுருக்கத் தலைப்பு அளவீட்டுத் திட்டங்கள். நீளம், நிறை, காலவிடை என்னும் மூன்று கணிசங்களால் (quantities) ஆன ஓர் அளவீட்டுத் திட்டத்துள் cgs, fps, mks, mts, mgs போன்ற பல அலகுத் திட்டங்கள் அடங்குவன போலவே, இதனுள் அலகுத் திட்டங்கள் (systems of units) பலவும் அடங்கும்.

அளவீட்டுத் திட்டங்கள் என்னும் இந் நூலின் தலைப்பை, அளவீட்டுத் திட்டங்களும் அறிவியற் கணிசங்களும் எனவோ, அன்றி அளவீட்டுத் திட்டங்கள், அறிவியற் கணிசங்கள், அலகுகள், பரிமானங்கள் எனவோ விரித்துரைக்கலாம்.

0.2. நூற் பகுப்பு

இந்த நூலை நான்கு பாகங்களாகப் பகுத்துக்கொள்ளலாம்: (1) அளவீட்டு இலக்கியம், (2) அளவீட்டு அறிவியல், (3) அறிவியற் கணிசங்கள், (4) அட்டவணை, பின்னிணைப்புகள். அளவீட்டு இலக்கியப் பகுதியில் அறிவியற் கொள்கைகளையும், அறிவியற் பகுதியில் வரலாற்றையும் எதிர்பார்க்க வேண்டா.

0.2.1. அளவீட்டு இலக்கியம்

மேலைநாட்டுப் பாடப் பொத்தகங்களிலும் ஆங்காங்கே அறிவியல் வரலாற்றுத் துணுக்குகள் மணிமிடை பவளமாக ஒளிர்கின்றன. ஆனால், நமது நாட்டு அறிவியல் வரலாற்று நூல்களில்கூடப் போதுமான வரலாற்று நிகழ்ச்சிகள் தென்படுவதில்லை. பாடநூலாக இல்லாமல் பார்வை நூலாகப் பயன்பெறும் இந்த நூலில் அந்தந்த அளவீடுகளின் சுருக்கமான வரலாறுகூட எடுத்துரைக்கப்படாவிட்டால் நூலின் பணி நிறைவுறாது.

எனவே, சிந்துசமவெளிப் பழந்தமிழரின் அலகுப் படித்தரத்தில் இருந்து இன்றைய அணுப்படித்தரம் வரையிலான வரலாறு சுருக்கமாகத் தரப்பட்டுள்ளது. பழைய அலகுத் திட்டங்களுக்கான வாய்பாடுகளை இனிமேல் வேறு எதிலும் காணுவதற்கு வாய்ப்பில்லை யாதலால் அவை இந்த நூலில் குறிக்கப் பெற்றுள்ளன.

0.2.2. அளவீட்டு அறிவியல்

அளவீட்டின் அடிப்படைக் கருத்துகளைப் பகுத்தாய்ந்து, அலகுத் திட்டத்தை உருவாக்கும்வகை எளிதாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. கணிசம், அலகு, எண்மதிப்பு, பரிமானம் (quantity, unit, numeric, dimension) ஆகியன அளவீட்டின் உறுப்புகளாய் அமைகின்றன.

பொதுவாக அலகுத் திட்டங்கள் 5ஆம் அதிகாரத்திலும், மின்சாரவியல் அலகுத் திட்டத்தின் அடிப்படைக் கருத்துகள் 12.2-லும், அதன் அலகுத் திட்டங்கள் 12.3, 12.4, 12.5, 12.6-லும் குறிப்பாக எடுத்துரைக்கப்பட்டுள்ளன. அனைத்துநாட்டு அலகுத் திட்டம் 6ஆம் அதிகாரத்தில் பொதுவகையாக விளக்கப் பட்டுள்ளது.

அலகுத் திட்டங்களின் நடைமுறைப் பயனை எடுத்துக்கூறும் இந் நூலில் அலகுத் திட்டங்களின் இலக்கணப் பகுப்பாய்வு முழுமையாய் இடம்பெற்றுள்ளது எனக் கூற இயலாது; எனினும், நடைமுறைக்குத் தேவையான இலக்கணப் பகுப்பாய்வு அனைத்தும் இடம்பெற்றுள்ளது எனலாம்.

மேலும், வெறும் இலக்கணப் பகுப்பாய்வு மாணவர் அனைவருக்கும் நிறைந்த பயனை அளிக்காது என்பதால் நடைமுறையில் பயன்படும் கணிசங்களையும், வழக்கத்தில் உள்ள திட்ட அலகுகளில் அவை அளக்கப்பெறும் வகையையும் விரித்துக்

கூறுவதே தக்கது என்னும் கருத்தோடு அலகுகள் கணிசவாரி யாக விளக்கப்பட்டுள்ளன;

0.2.3. அறிவியற் கணிசங்கள்

இக்கால், பொறியியல் என்று வழங்கப்படும் கம்மிய இயலி லும் (engineering), இயற்பியல் என வழங்கப்படும் பூதவியலிலும் (physics) வரும் பெரும்பாலான கணிசங்கள் விளக்கப்பட்டு அவற்றின் அலகுகள் எடுத்துரைக்கப்பட்டுள்ளன; இவற்றுக்கு இடையிலான வேறுபாடுகளும் புலப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அளவீடு, அனைத்து அறிவியல்களுக்கும் பொதுவானது எனினும் அஃது அடிப்படை அறிவியலுள் பூதவியலுக்கும் பயன்பாட்டு (த் தொழில்) அறிவியலுள் கம்மிய இயலுக்கும் சிறப்பாக உரியது. எனவே, இந்நூல் C : b 6 (31 L 6) என நூலக வகைப்படுத்தப் பட்டிருப்பினும் இது C : b 7 மட்டுமன்றி D : b 6, D : b 7-ஐயும் உள்ளடக்கியது ஆகும்.

இந்த இரு இயல்களில் பயன்படும் கணிசங்களையும், அவற் றுக்கான பல்வேறு திட்ட அலகுகளையும் அந்த அலகுகளின் SI மதிப்பையும் விளக்கியதோடு இந்நூல் அமையவில்லை; வேதி யியல் என வழங்கப்படும் இயைபியலில் (chemistry) SI அலகு களைப் பயன்படுத்தும் வகையும் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது. கம்மிய இயல், பூதவியல், இயைபியல் என்ற மூன்று இயல் களுக்கான அலகுகளை வெவ்வேறு அறிவியல் துறைகளுக்கும் தக்கவாறு பொருத்திக்கொள்ளலாம்.

விசை அலகுகள் எனப்படும் ஈர்ப்பலகுகள் (gravitational units) விசையியல் ஒன்றில் மட்டுமே பயன்பெறுவன. ஏனைய இயல்களில் cgs, SI அலகுகள் முதன்மையாகக் கைக்கொள்ளப் பெறுவதால், நூல் முழுக்க cgs, SI அலகுகள் விளக்கப்பட் டுள்ளன; இத்தோடு வழக்கத்தில் உள்ள வேறு சில திட்ட அலகு களும் திட்டமில் அலகுகளும் சுட்டப்பட்டுள்ளன.

பட்டப்படிப்பு மாணவர்களின் பயனைக் கருதிப் பட்டப் படிப்பில் வரும் கணிசங்களும், வாய்பாடுகளும், சமன்பாடுகளும், அவற்றுக்கான அலகுகளும் விளக்கப்பட்டுள்ளன. பட்டப்படிப் பைத் தொடரும் மாணவர்க்கும் ஏனைய பிறர்க்கும் பயன்பட வேண்டும் என்று கருதியே நுட்ப வரையறைச் சமன்பாடுகள் முடிந்த அளவு தவிர்க்கப்பட்டுள்ளன.

மின்சார இயல் அலகு வைப்புமுறை: எல்லா இயல்களிலும் கணிசங்கள் விளக்கப்பட்டு அவற்றுக்கான வெவ்வேறு திட்ட

அலகுகள் விளம்பப்பட்டுள்ளன. எனினும், மின்சார இயலில் இந்த வைப்புமுறை சற்றே மாற்றப்பட்டுள்ளது.

மின்சார இயலின் பதினாறுக்கும் மேலான அலகுத் திட்டங்களில் பத்து அலகுத் திட்டங்கள் நடைமுறையில் இருந்தன; இருக்கின்றன. நமது கல்வித் திட்டத்தில் (cgs) cgs e, cgs m, (mks μ_0), Rmks A (SI) போன்றவை வழக்கத்தில் உள்ளன.[1]

மின்சார இயலின் இத்தகைய பல்வேறு திட்ட அலகுகளும் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பற்றவையாதலால் கணிசங்கள் விளக்கப்பட்டு அவற்றுக்கான SI அலகுகள் மட்டும் முதலில் தரப்பெற்றுள்ளன. அதன்பின் மின்சார இயல் குறித்த வெவ்வேறு அலகுத் திட்டப் பகுதிகள் விளக்கப்பட்டு, திட்ட அலகுகளும் பரிமானங்களும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. மாணவர்கள் எளிதில் புரிந்துகொள்வதை முன்னிட்டே இந்த வைப்புமுறை மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. மேலும் 'வேறு அலகுத் திட்டங்களை அறிந்து குழப்பத்துக்கு உள்ளாக வேண்டா; இனிமேல் வழக்கத்துக்குவரும் SI-ஐ மட்டுமே தெளிவாக அறிந்துகொண்டால் போதும்' என விரும்புபவர்களுக்கு இந்த வைப்புமுறை மிகுந்த பயன்கூட்டுவதாகும்;

0.2.4. அட்டவணை, பின்னிணைப்புகள்

அளவீட்டு அறிவியலுக்குத் தேவையான பல்வேறு வகையான அட்டவணைகளும், பின்னிணைப்புகளும் விளக்கமாக அளிக்கப்பட்டுள்ளன. எங்கும் கிடைக்கும் கணக்கியல்-பொருட் பண்பியல் அட்டவணைகளில் உள்ளவை தவிர்க்கப்பட்டுள்ளன.

அலகுகளை மாற்ற...: SI அலகுகளே இனிமேல் பயன்படுத்தப்போகிற அலகுகள் என்றாலும், இதுவரை நடைபெற்று வந்த ஆராய்ச்சிகளையும், அறிஞர் பெருமக்களின் ஆய்வுரைகளையும் உள்ளது உள்ளபடியே படித்துப் புரிந்துகொள்வதற்கு அலகுமாற்றம் எக்காலத்துக்கும் தேவையான ஒன்றே! எனினும், மாற்றுக்காலம் (transition period) ஆன இக்காலத்துக்கு மிகுந்த நடைமுறைப்பயன் நல்குவதாகும்;

அலகுமாற்றப் பட்டியல்களை உருவாக்கும்போது, பட்டியல்கள் இலக்கணத் துல்லியமாக இருக்கின்றனவா என்பது எண்ணப்படவில்லை; மாறாக, நடைமுறைப் பயனோடு விளங்குகின்றனவா என்பதே கருத்தில் கொள்ளப்பட்டது. எனவேதான், அலகுமாற்றப் பட்டியலில் (எ-டு. 14.9.42)

[1] இந்நூல் எழுதி முடிக்கப்பட்ட 1976ஆம் ஆண்டு நிலைமை, நூல் வெளியிடப்படும் 1983-ல் கூட நீடிக்கிறது.

'பேரட்'டைக் கொடுத்தாலே போதும்; பிக்கோபேரட் என்பது 10^{-12} பேரட்தான்; மைக்ரோபேரட் 10^{-6} பேரட்தான்; எனினும் நாள்தோறும் வழக்கத்தில்வரும் மைக்ரோபேரட், பிக்கோபேரட் போன்றவை இடம்பெற்றால்தான் பட்டியல் நடைமுறைப் பயனோடு அமையும் என்று கருதி, அவை வரம் பிகந்தன (excess) வாயினும் தரப்பெற்றுள்ளன.

அறிவியலின் தெரியியலிலும் புரியியலிலும் (ஆய்வகத் திலும்) மட்டுமல்லாது பிற துறைகளிலும் பயன்பெறுமாறு பல் வேறு பட்டியல்கள் விரிவான முறையில் இந் நூலாசிரியரால் உருவாக்கப்பெற்றுள்ளன. கணிசங்களின் அலகுமாற்றக் கூற் றெண் பட்டியல்கள் மட்டும் 52 உள்ளன; (ஆங்காங்கே அலகு களை எடுத்துரைக்கும் இடங்களில் எல்லாம் அவற்றின் SI சமா னங்களைக் குறிக்க மறக்கவில்லை.) பிற அலகு-SI அலகு, SI அலகு-பிற அலகு என்ற இரு அனைத்து அலகுமாற்றப் பட்டியல்களும் மிகுந்த பயனாய் அமையும்.

நாலிட (four figure) நுட்பமே நடைமுறையில் பயன்பெற்று வருவதால், பட்டியல்கள் நாலிடத் துல்லியமாக அமைக்கப் பெற்றுள்ளன.

0.2.5. சொல் முதற்குறிப்பு அகரவரிசை

ஒரு நூலின் பயன்பாட்டுக்கு மிக இன்றியமையாதது, சொல் முதற்குறிப்பு அகரவரிசை. தமிழ்நாட்டில் தென்கலைச் செல்வர், பெரும்பேராசிரியர் உ. வே. சாமிநாதர் நூல்களைத் தவிர வேறு இலக்கிய நூலாயினும், அறிவியல் நூலாயினும் இது செவ் வனே செய்யப்படுவதில்லை. இக் குறையைக் களைய, வெறும் ஆங்கிலம்-தமிழ் கலைச்சொல் அகரவரிசையை அளிப்பதற்கு மாறாக, 'கல்லொன்றில் கனியிரண்டாக' சொல் முதற்குறிப்பு அகரவரிசை சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

சொல் முதற்குறிப்பின் பக்கங்கள் சுட்டப்படுவதற்கு இய லாததால் அச்சொல் சிறப்பாகப் பயின்றுவரும் ஓரேயோர் உறுப்புக்கூறு மட்டுமே காட்டப்பட்டுள்ளது.

0.2.6. கூறியது கூறினும் !!

அளவீட்டின் வரலாற்றைக் குறிக்கும்போதோ, அளவீட்டின் அலகைக் குறிக்கும்போதோ சில இடங்களில் தொடர்புக்காக வரையறை முதலானவை மீண்டும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்; 'வேறொரு பொருளை விளைக்கும் ஆயின் கூறியது கூறினும் குற்றம் அன்று' என்று சொன்னவேண்டும்.

3.0. கலைச்சொற்கள்

இந் நூலில் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் (த.பா.நி.) வெளியிட்டுள்ள கலைச்சொற்களே பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. பொருத்தம்மிக்க புதுக் கலைச்சொற்கள் பயன்படுத்தப்பட்ட சில இடங்களிலும் பாடநூல் நிறுவனக் கலைச்சொற்களும் உடன் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. கலைச்சொற்கள் யாவற்றுக்கும் அவற்றின் ஆங்கிலப் பெயர்கள் அடைப்புள் இடப்பெற்றுள்ளன.

0.3.1. புதுக் கலைச்சொற்கள்

தமிழில் புதுக் கலைச்சொற்களை உருவாக்கும்போது இந் நூலாசிரியன் மேற்கொண்ட முறை: மொழியியல் அடிப்படையில் சொற்களைப் பகுத்து, அவற்றின் வேர்ச்சொற் கூறுகளை ஆராய்ந்து, அந்த வேர்ச்சொற்களுடன் தமிழுக்கு உறவுடைய சொற்கள் அவற்றின் பொருளமைப்பிலும் மாறாமல் இருந்தால்— (1) அந்த மூலத் தமிழ்வடிவங்களில் இருந்து சொற்கள் உருவாக்கப்பட்டன. (2) மூலத் தமிழ்ச்சொற்கள் பொருளமைப்பில் மாறியிருந்தால் புதுச் சொற்களே மேற்கொள்ளப்பட்டன. (3) மேலும் மொழியியல் உறவற்ற சொற்களுக்குத் தக்க வேர்ச் சொற்களில் இருந்து புதுச் சொற்கள் புனையப்பட்டன. (4) சொற்களுக்குள் வேறுபாடு காட்டவேண்டிய இடங்களில் தக்க சொற்கள் தேர்ந்து கொள்ளப்பெற்றன.

எடுத்துக்காட்டுகள் : (1) *krypton*-கரப்பன். கரப்பு என்றால் தமிழில் மறைப்பு என்று பொருள் ('கரப்பா டும்மே'—குறுந் தொகை 9 : 8) 'மறைந்திருந்த தனிமம்' என்னும் பொருளில் krypton என்று பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. கரப்பு — Greek. kryptos. எனவே krypton, கரப்பன் எனப்பட்டது.

(2) *isotope*-ஓரிடணு isotope என்பதன் வேர்ச்சொல்: இசைந்த — ஒன்றான; தாவு-இடம். isotope = Greek isos+ topos. தமிழ் இசை→isos; தாவு → topos. எனினும், இன்றைய பொருள்நோக்கு திரிந்துவிட்டதால் 'isotope' ஓரிடணு என்னும் சொல்லால்தான் குறிக்கப்படுகிறது.

(3) *quantity*-கணிசம் : quantity என்னும் பொருளில் (கணிசமானதாக !) வழங்கப்பெறும் கணிசம் என்னும் சொல்லின் கணி என்ற முதனிலை மிகுந்த பொருட்செறிவுடையது. எனவே, physical quantity என்பதை measure (-அளவு), unit (-அலகு) முதலியவற்றில் இருந்து வேறுபடுத்த கணிசம் என்னும் சொல் விதந்து உகந்து மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

(4) ஒற்றுமை(!) யுள் வேற்றுமையான சொற்கள்: modulus - குணிதம், coefficient - குணகம், constant - மாறிலி, factor-கூற்றெண், number-எண், magnitude-மதிப்பெண் (8.5.6).

இவ்வாறு மொழியியல் அடிப்படையிலும், அறிவியற் பொருள் பொதியவும் புதிய கலைச்சொற்கள் உருவாக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

0.3.2. ஒன்றுக்கு இரண்டா ?

கலைச்சொல் உருவாக்கத்தில் capacitance (-தேக்கு திறன்), efficiency (-பயனுறுதிறன்), moment (-திருப்புதிறன்), permeability (-உட்புகுதிறன்) முதலிய ஒற்றைச் சொற்களுக்கு எல்லாம் 'திறன்' (power?) என்னும் ஒட்டுச்சொல்லைக் கூட்டி இரட்டைச்சொல் ஆக்குவது பொருந்தாது.

0.3.3. எண்ணின் பன்மை !

resistivity, (specific heat) capacity, frequency, relative density என்பவற்றுக்கெல்லாம் எண் என்ற தவறான பின்னொட்டு SI-ன்படியாவது களையப்படவேண்டும். மேலும் எண் என்னும் சொல் பல்வேறாய்ப் பாகுபடுத்தப்பட்டுள்ளது (8.5.6). அவற்றுக்குத் தக்க சொற்களை ஆளவேண்டும்.

0.3.4. கொண்மையின் செம்மை !

capacity, content என்னும் பொருளில் அமையும்; கொள் + மை = கொண்மை. எனவே, capacity என வரும் இடம் எல்லாம்—அது vessel's capacity ஆயினும் சரி, heat capacity ஆயினும் சரி, electrical capacity ஆயினும் சரி— கொண்மை என்னும் சொல்லே கையாளப்படவேண்டும் (12.1.45).

0.3.5. *B,E; H,D* புலமா, கிளர்வா ?

மின்சார இயலில் *B*-காந்தப்பாய அடர்த்தி அல்லது காந்தத் தூண்டம் (magnetic flux density or magnetic induction); *H*-காந்தப் புலவலிமை (magnetic field strength); *E*-மின்புல வலிமை (electric field strength); *D*-மின்சார இடப்பெயர்ச்சி அல்லது மின்சாரப் பாய அடர்த்தி (electric displacement or electrical flux density) என்னும் சொற்களால் குறிக்கப்படுகின்றன. 'இவை தவறான சொல்லாட்சிகள்; காந்தப்புல வலிமை என்னும் தவறான சொல்லை *H*-க்குப் பயன்படுத்திய தால் பேரறிஞர் மேக்சுவெலே சுழலம் = *mH* என்ற பிழையான

சமன்பாட்டை எழுத நேர்ந்தது. எனவே, இவை மாற்றப்பட வேண்டும்' என அறிஞர் சோமர்பீல்டு ஆய்ந்துரைந்துள்ளார் :

B-காந்தப்புல வலிமை (magnetic field strength)	*E*-மின்புல வலிமை (electric field strength)
H-காந்தக் கிளர்வு (magnetic excitation)	*D*-மின்சாரக் கிளர்வு (electrical excitation)

என வழங்கப்படவேண்டும் என்றும், இதனால் *B*, *E*-யை ஒத்ததாகவும்; *H*,*D*-யை ஒத்ததாகவும் அமையும் என்றும் கூறியுள்ளார். எனினும், எந்த ஒரு பாடநூலாவது அன்றிப் பார்வை நூலாவது இந்தச் சீரிய திருத்தத்தைக் கைக்கொள்ளாத தால், மாணவர்கள் மயங்காமல் இருப்பதற்காக இந்த நூலிலும் அந்தப் பழைய சொற்களே தொடர்ந்து கையாளப்பட்டுள்ளன.[1]

0.3.6. பன்னாடும் அனைத்துநாடும்

அடுத்து, international units-ம், international system units-ம் வெவ்வேறானவை. எனவே, இவற்றை வேறுபடுத்த முன்னது பன்னாட்டு அலகு என்றும் பின்னது அனைத்து நாட்டு(த் திட்ட) அலகு என்றும் குறிக்கப்பெற்றுள்ளன.

0.3.7. தமிழ்ச் சொல்வளம்

தமிழ்க் கலைச்சொற்களைப் பொறுத்தவரையில் சொல் வேறுபாடு காட்டுவதில் இடர்ப்பாடு இல்லை.

(எ-டு) fluorescence — பளிர்தல், பளிர்வு
phosphorescence — பசிர்தல், பசிர்வு
luminescence — ஒளிர்தல், ஒளிர்வு
calorescence — சுடர்தல், சுடர்வு

(இவற்றின் வேர்ச்சொற்கள்கூட இதே பொருள்குறித்த வேறு தமிழ்ச்சொற்களுடன் உறவுடையன.) சொல்வேறுபாடுகளை ஆங்காங்கே அடிக்குறிப்பில் காணலாம்.

0.3.8. தமிழையும் ஆங்கிலத்தையும் தவிர்த்து....

கலைச்சொல்லாக்கத்தில் தமிழ்ச்சொல்லைப் பயன்படுத்த வேண்டும். நம்மால் இயலாதபொழுது ஆங்கிலச்சொல்லையே கையாளவேண்டும். இவையிரண்டும் தவிர வேறொரு மொழிச் சொல்லைப் பயன்படுத்தல் 'இருகனி யிருக்கக் கருங்காயை

[1] இந்த நூலின் இரண்டாவது பதிப்பில் இச் சீரிய திருத்தம் மேற் கொள்ளப்பெறும்.

உகந்தது' போல் ஆகும். (ஆங்கில நாட்டின் தொடக்கக்கால அடிப்படை அறிவியல் நூல்கள் பெரும்பாலனவும் செர்மனி, பிரான்சில் இருந்து மொழிபெயர்க்கப்பட்டனவே!) ஆயினும், நேரிய சீரிய தமிழ்ச்சொற்கள் உள்ள சில கலைச்சொற்களுக்குப் பிறமொழிச் சொற்களைப் புகுத்தி அவற்றை வழக்கத்தில் வரு வித்துவிட்ட கரணியத்தால், அந்தப் பிறமொழிச் சொற்களும் கையாளப்பட்டுள்ளன. மேலும், மாணவர் பழகிவந்த சொல் லைத் திடும் என மாற்றவேண்டா எனக் கருதி அச் சொற்கள் தாற்காலிகமாகக் கைக்கொள்ளப் பெற்றுள்ளன.

0.3.9. கழியும், பழையன

அத்தோடு, நடைமுறையில் இருந்து நீங்கிக்கொண்டிருக்கும் அங்குலம் (விரற்கடை), பர்லாங் (படைசால்), மைல் (கல்) போன்ற அலகுகளுக்கு நூல்வழக்கத்தில் தக்க தமிழ்ச்சொற்கள் இருந்தபோதிலும் அவை பெரிதும் பயன்படுத்தப்படவில்லை.

0.3.10. ஒலிபெயர்ப்பு

கலைச்சொற்கள், மற்றும் பெயர்களை ஒலிபெயர்க்கும் போது ஹ, ஸ் முதலான வடமொழி ஒலிப்பின் கிரந்த வரியன் களும் (grapheme) பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவற்றைத் தமிழ் அன்பர்கள் பொறுப்பார்களாக!

(எ-டு) hertz—ஹெர்ட்ஸ், ஃஎர்ட்சு; einstein—ஐன்ஸ்டீன்; gauss—கௌஸ், கௌசு; maxwell—மேக்ஸ்வெல், மேஃசுவெல்; stilb—ஸ்டில்வ்; stokes—ஸ்டோக்ஸ்.

0.3.11. ஆய்தத்தைப் பயன்படுத்தல்

ஆங்கிலத்தில் ல, ள, ழ-வைக் குறிக்கத் தனித்தனி வரியன் இல்லாததுபோலவே தமிழில் b, p, f-இவற்றைக் குறிக்கத் தனித்தனி வரியன் இல்லை. b, f என்ற எழுத்துகளைக் குறிக்க, பகரத்துக்குமுன் ஆய்தத்தைப் பயன்படுத்துவது தவறு. தமிழ் ஃ (அஃகேனம்) ஆங்கில h ஒலிப்புக்குச் சமம் ஆனது. (எ-டு. பஃறுளி—Pahruli). எனவே Fortin என்னும் பெயரை Hfortin என்பதற்குச் சமமாக "ஃபார்ட்டின்' என எழுதுவது பிழை; பார்ட்டின் என்றே குறிப்பதால் குறையேதும் இல்லை. மாறாக ஆயுதத்தைத் தவறாக வீசிவிடக்கூடாதன்றோ!

0.3.12. குறியீடுகள்? தமிழ்க் குறியீடுகள்?!

அலகுகளையும் அதன் குறியீட்டையும், பிற எல்லாக் குறி யீடுகளையும் இந்திமொழியில் இந்தியின் தேவநாகரி வரிவடிவத் திலேயே குறிப்பிட்டு வருகிறார்கள்:

எ-டு: metre (m) — मीटर (मी)
gram (g) — ग्राम (ग्रा)
second (s) — सेकण्ड (से)
pico (p) — पाईको (पा)
SI — एस आई

ஏதேனும் ஒரு மொழிவரியனின் அடிப்படையில் குறியீடுகள் அமைந்திருப்பினும் அவை அனைத்துப் பொதுமை (universality) உடையனவே.[1] குறியீடுகளையும் தத்தம் மொழிவரியனில் குறிப்பது அனைத்துநாட்டுத் தொடர்பிலும் புரிதலிலும் குழப்பத்தை விளைவிக்கும். எனவேதான் அலகுக் குறியீடுகளைத் தமிழில் எளிதாகவும் பொருத்தமாகவும் குறிக்கலாம் எனினும் (காண்க: அலகுகளின் அகரவரிசை 14.8) அம்முறை மேற்கொள்ளப்படவில்லை.

தனிமப் பெயர்கள் அந்தந்த மொழிகளில் ஆன பெயரால் வழங்கப்பட்டபோதிலும், தனிமக் குறியீடுகள் இலத்தீன் வரியனிலேயே எழுதப்படுவதைக் கருத்தில் கொள்ளவேண்டும்.

0.4. அறிவியல் துறைகளின் நறுந்தமிழ்ப் பெயர்கள்

அளவியல் தொடர்புற்ற மூன்று முக்கிய அறிவியல் துறைகளின் சரியான தமிழ்ப்பெயர்களை அறிந்துகொள்வது பொருத்தமானதே.

0.4.1. பொறியியல்

பொறியியல் என்பது 'study connected with machines' என்ற பொருளைத்தான் தரும். அஃதாவது, பொறியியல் என்பது enginery-ஐத்தான் குறிக்கும்; engineering-ஐக் குறிக்காது. engineering-ன் அறிவியற்புலம் இவ்வளவு குறுகியதன்று. (இதன் வேர்ச்சொல்லான Latin *ingenium*-திறமை என்பதையே குறிக்கிறது.) எனவே engineering புலத்தை முழுமையாய்க் குறிக்கக் கூடிய கம்மியம் என்னும் நறுந்தமிழ்ச் சொல்லும் கையாளப்பட்டுள்ளது.

0.4.2. வேதியியல்

இதன் வேர்ச்சொல்: வெய்-வேய்-வேதி. இவற்றின் பொருள் மிகுந்து சூடுபடுத்தல் என்பதே! சூடுபடுத்துவது ஒன்றுதானா, chemistry !? 'chemistry is the study of the composition of

[1] ஐரோப்பிய மொழிகள் பெரும்பாலனவும் லத்தீன், கிரேக்க வரிவடிவத்தை மேற்கொண்டவை; சோவியத் ஒன்றியத்தில் குறியீடுகள் ரசியமொழி வரிவடிவிலேயே அமைந்துள்ளன.

substances and the changes they undergo' என்ற வரையறைப்படி வேதியியலைவிட இயைபியலே பொருத்தமானது.

ஆங்கிலத்தில் chemistry என்னும் சொல்லின் வேர்ப் பொருள் இக்கால இயைபியலைக் குறிக்கவில்லைதான்![1] ஆனால் அதற்காகத் தற்போது புதிதாகத் தமிழ்ப்படுத்தும் நாமும் பொருத்தக் குறைவான சொல்லை மேற்கொள்ளக்கூடாது.

0.4.3. இயற்பியல்

Physics என்பதன் கிரேக்க மூலச்சொல் physicos = natural இயற்கையறிவியல், மருத்துவம், உடலியல் அனைத்தையும் குறித்த சொல். இதன் வழியில் 'இயற்பியல்' எனப்பட்ட சொல் புணர்ச்சிப் பிழையுடையது எனப் புகல்கின்றனர் புலவர் சிலர். மேலும், பழந்தமிழ் நாட்டில் பயின்றுவந்த physics-உம் இக்காலத்தில் பயின்றுவரும் physics-உம் வேறு வேறாகப் போகக்கூடாது என்பதால் physics-ஐக் குறிக்கும் பூதவியல்[2] என்னும் பழந்தமிழ்ச் சொல் ஆங்காங்கே சுட்டப்பட்டுள்ளது.

0.5. SI அலகும் பல்துறைக் கல்வியும்

இதுவரை பரிந்துரைக்கப்பட்ட அலகுத் திட்டங்களுள் தலைசிறந்த அலகுத் திட்டம் அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்டமே.

0.5.1. SI-ல் தொடங்குக

கல்லூரிக் கல்வியில் மட்டுமன்றிக் கல்விக்கே அடிப்படையான நமது தொடக்கக்கல்வி உயர்நிலைக்கல்விப் பாடத்திட்டங்களில் SI அலகுகள் மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட்டாக வேண்டும். எல்லாவகையிலும் முரணான fps திட்டத்தை எல்லாத் துறைகளிலும் 1970வரை பயன்படுத்திவந்த பிரிட்டனே 1970-75-ல் முழுக்க SI-க்கு மாறிவிட்டபோது, SI-ன் தொடக்கக் கட்டமான மெட்ரிக் அலகுத்திட்டத்தை 1956-லேயே பயன்படுத்தத் தொடங்கிய நாம் எவ்வளவு எளிதாக SI-க்கு மாறிவிடலாம். இந்தியப் பாராளுமன்றம் இயற்றிய 1956ஆம் ஆண்டுச் சட்டத்துக்குப் பின்னர்ச் சேர்க்கப்பட்ட திருத்தத்தின்படி SI அலகுகள் தவிர்த்த பிற அலகுகளைப் பயன்படுத்துதல் குற்றம் ஆகும்.

[1] Chemistry என்பதன் வேர்ப்பொருள் 'கருப்பு' என்பதே! அராபிக Al Kimia = the Kimid; Kimid = black land = Egypt; Kimid—Chemistry. எகிப்து நாட்டில் இருந்து ஐரோப்பாவுக்குப் பரவிய "பொன்னாக்கக்கலை", திற ஆகு - இட ஆகு - தொழில் ஆகுபெயராக ஆகிப் பின்னர்த் துறை ஆகுபெயராக (!) Chemistry-ஐக் குறித்ததாம்.

[2] பூதவியலுக்கான வேர்ச்சொல் விளக்கத்தைச் 'சில கலைச்சொற்கள்' கட்டுரையில் காணலாம்.

இருந்தும் நமது பாடநூல்கள் இன்னும் fps திட்டத்தைப்பற்றிய குறிப்புகளைத் தாங்கிவருதல் பொருந்தாது. மேம்பட்ட கல்வித் துறை தவிர்த்த பிறவற்றில் SI அலகுகள் மட்டுமே கையாளப் படவேண்டும். தொடக்கப்பள்ளிக் கணக்கியலை (arithmatic) SI-ல் பயிற்றுவிப்பது ஒன்றால் மட்டும் நமது நாட்டைவிட மிகச் சிறிய 'பிரிட்டனில் ஆண்டுக்கு 200 கோடி ரூபா (£ 10 கோடி) மிச்சம் ஆகிறது' எனக் கணக்கியல் கற்பிக்கும் முறையின் கருத்ததிகாரியான பர். E. G. டேஃ (Dr. E. G. Tagg) என்பார் கூறுகிறார்.

மீண்டும் முருங்கையின் மீது! நமது பாடத்திட்டத்தில் இன்னொரு வேடிக்கை: சீர்திருந்திய mksA அல்லது SI அலகில் பூதவியலைப் பயிலும் அதே புகுமுக வகுப்பு[1] மாணவன் வேதியியல் எனப்படும் இயைபியலை cgs அலகில் பயில்கிறான். கணிதம் பயிலும் பட்டவகுப்பு மாணவன் கணிதப் பகுதியான விசையியலை cgs-ல் பயில்கிறான்; துணைப்பாடப் பூதவியலின் பகுதியான விசையியலை SI-ல் பயில்கிறான். இதில்கூட ஓர் ஒருங்கியன்மை இருக்கக்கூடாதா? அங்ஙனமே புகுமுக வகுப்பில் SI அலகில் பயின்ற மாணவன், மருத்துவக்கல்லூரியில் (I M.B.,B.S.) சேர்ந்தபின் அங்கே பூதவியலை cgs அலகில் பயில் கிறான். வேதாளம் மீண்டும் முருங்கைமரம் ஏறிய கதைதான்!

கம்மிய இயலின் அளவீட்டுக் குழப்பத்தை ஒழிக்கவே, மின்சாரக் கம்மிய இயல் பேராசிரியரான சியார்சி இந்த அலகுத் திட்டத்தைப் பரிந்துரைத்தார். இருந்தும், நமது பல்தொழில் நுணுக்கப் பள்ளிகளிலும் (polytechnics) தொழில் சார்ந்த நிறுவனங்களிலும் இன்னும் cgs திட்டத்திலேயே பாடம் புகட்டப் பட்டு வருகிறது. இதனைக் கைவிட்டு அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்தை மேற்கொள்வது இன்றியமையாக் கடனாகும்.

0.5.2. நூலாசிரியர் கடமை

இதுவரை RmksA அல்லது SI அலகில் வெளிவந்ததாகக் கூறப்படும் நமது நாட்டு நூல்களுள் RmksA அல்லது SI-ன் உயிரோட்டம் அல்லது உயிர்த்துடிப்பு உள்ள நூல் ஒன்றுகூடக் காணக் கிடைக்கவில்லை. (கருவிநூற் பட்டியலில் காணப்பெறும் நூல்களைத் தவிர்க்கவும்.) ஏற்கெனவே வழங்கிவந்த cgs அலகுத் திட்டப் பாடநூல்களில் வெறும் அலகுமாற்றம் மட்டுமே செய்யப் பட்டு, அச்சிடப்பெற்றுள்ளன. எடுத்துக்காட்டுகள் எண்ணில் அடங்கா.

[1] மேனிலைக் கல்வியின் பின்னும் இதே நிலைதான் நீடிக்கிறது.

(1) **கிராம் SI-யா ?** : கிராம் SI அலகே என்று கூறியவுடன், 'இஃதென்ன பெரிய வேடிக்கை ; இத்தகையதை யாம் கண்டதுமில்லை ; கேட்டதுமில்லை. கிலோகிராம்தான் SI ; கிராம் cgs திட்ட அலகுதான் ; அது SI ஆக முடியாது' என்று பலரும் கருதுகின்றனர். (6.1.4.)

செண்டிமீட்டர் SI அலகு அன்று ; ஆனால் கிராம் SI பின்வரு அலகு. செயல்முறைகளிலும் பிறவற்றிலும் முடிவைக் கூறும்போது கிலோகிராமில் மாற்றிக் கூறவேண்டிய கட்டாயம் இல்லை. பொருளின் நிறை = 1.002×10^{-3} kg என்றும் 0.001002 kg என்றும் கூறுவது தேவையற்றதும் பொருத்தமற்றதும் ஆகும்; 1.002 g என்றே கூறவேண்டும் (6.2.4).

அங்ஙனமே செண்டிமீட்டரில் குறித்து, பின்னர் அதனை மீட்டரில் மாற்றி எழுதுகின்றனர்; (எ-டு) வெர்னியர் காலிப்பர், வெர்னியர் காலிப்பரின் அளவீடுகளை மில்லிமீட்டரில் குறிப்பது எவ்வளவு எளிமை பயக்கிறது ; அத்துடன் அது SI உயிரோட்டத்துடனும் அமைகிறது (6.4.4).

(2) **விடாத ஈர்ப்பு** : விசையியலில் ஈர்ப்பு அலகுகளை (gravitational units) இன்னும் கைவிடாமல் குறித்துவருவது தவறாகும்.

(3) **கலோரிக்குக் கிலோஸ்நானம் (கிலோ முழுக்கு)** : கலோரிக்குக் கிலோ என்னும் முன்னொட்டை இணைத்தவுடன் அது SI ஆகிவிடாது. கலோரி போன்ற ஒருங்கியன்மையற்ற அலகுகளை ஒழித்துக்கட்ட வந்த SI-இலும் கிலோகலோரி என்ற பெரிய கலோரியைப் பயன்படுத்துவதால் பெறும் பயன் என்ன ?

(4) **கலோரியைக் குளிர்ப்பிக்க** : கலோரியும், எர்கு (erg) அல்லது சௌலும் (joule) பயன்பட்டு வந்ததால் ஒருங்கியன்மையற்ற கலோரியை ஒருங்கியன்மையாக்கிச் சமப்படுத்த வெப்பத்தின் விசையச் சமனி (mechanical equivalent of heat) என்னும் கருத்து புகுத்தப்பட்டது. ஒரே ஆற்றல் அலகால் அளக்கும் SI பாடத்திட்டத்திலும் பாடநூல்களிலும் வெப்ப விசையச் சமனி என்னும் கருத்தை விடாமல் கைக்கொள்வது நகைப்புக்கு இடமளிக்கும். SI அலகில் வெப்ப விசையச் சமனி 1 (ஒன்று) என்று காட்டிவிட்டால் சரிதான் எனச் சில ஆசிரியர்கள் கருதுகின்றனர். இது தவறே ! அவ்வாறென்றால் ஒரே அலகால் அளக்கப்பெறும் ஒவ்வொரு கணிசத்துக்கும் கொள்கைக்கும் ஒரு சமனியை ஊட்டலாமா ? (9.2.4.)

(5) RmksA கலோரி!: 'RmksA அலகுத் திட்டத்தில் கிலோகலோரியைப் பயன்படுத்தலாம்; SI-ல்தான் பயன்படுத்தக் கூடாது' என்பது தவறான கருத்தாகும். RmksA என்பது மின்சார இயலுக்கு மட்டும் கைக்கொள்ளப்பெற்ற ஓர் அலகுத் திட்டம். RmksA அலகுத் திட்டத்தின் அடிப்படையில் வளர்ச்சி யுற்ற, அனைத்து இயலுக்கும் பொதுவாக அமைந்த திட்டமே SI. mks-ல் எப்பொழுது விசையை நியூட்டனில் அளக்கத் தொடங்கினோமோ அப்பொழுதே ஆற்றலை செளலில்தான் அளக்கவேண்டும். எனவே, வெப்பம் எனப்படும் ஆற்றலும் செளலில்தான் அளக்கப்பட்டாக வேண்டும். உண்மையில் cgs-ஐ ஓர் ஒருங்கியன்மைத் திட்டமாகக் கருதினால் அதில்கூட வெப்பத் தைக் கலோரியால் அளக்கக்கூடாது; எர்ஃ-ஆல்தான் அளக்க வேண்டும்.

(6) cgs குட்டையில் SI!: SI, தனித்த SI-ஆகத்தான் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக நீரின் தனி வெப்பக் கொண்மை எண்மதிப்பு cgs-ல் 1, SI-ல் 4200. செம்பின் தனிவெப்பக் கொண்மை cgs-ல் 0.092 ஆனதால் அதன் மதிப்பை SI-ல் 0.092 × 4200 என எழுதுகின்றனர். இந்த cgs குட்டையில் ஊறிய SI பயன்படுத்தம் முற்றிலும் தவிர்க்கப்பட்டாக வேண்டும். 'செம்பின் தனிவெப்பக் கொண்மை 385 J kg^{-1} K^{-1}' என்றே எழுதவேண்டும்.

(7) வில்லைத்திறன்: வடிவ ஒளியியலில் வில்லைகளைப் பொறுத்தவரையில் முக்கியமாகக் கொள்ளப்படவேண்டியது வில்லைத்திறன்தான்.

(8) 'cgs' ஐ விட்டுவிட்டால் SI!: மின்சார இயலில் குறிப் பாகக் காந்தநிலைப்பியலில் (magnetostatics) கணிசத்தின் எண் மதிப்பின் பின் அலகுகளைக் குறிக்கும்போது cgs திட்டத்தில் பெரும்பாலும் பெயரின்றி cgs அலகுகள் என்றே குறிக்கப்பட்டு வந்தன. cgs அலகுகள் என்பதில் cgs-ஐ நீக்கிவிட்டால் அவை SI அலகுகளாக ஆகிவிடுமா, என்ன? அவ்வாறுதான், 'எல்லா அலகுகளும் RmksA திட்டத்தில் குறிக்கப்படவேண்டும்; எல்லாச் சமன்பாடுகளும் அந்தத் திட்டத்திலேயே தருவிக்கப் பட்டிருக்க வேண்டும்' என்று கட்டளையிடும் நமது பல்கலைக் கழக வினாத்தாள்களில் கேள்விகள் அமைந்துள்ளன:

(எ-டு) 0.08 மீட்டர் பக்கமுள்ள சமபக்க முக்கோணத் தின் முனைகளில் முறையே 8, 8, 1 அலகு வலிமையுள்ள காந்தமுனைகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அந்த ஓரலகு முனை

யின்மீது செயற்படும் தொகுவிசையைக் கணி. (செ.ப: 1975 மார்ச்சு)

0.09 மீட்டர் நீளமும் 40 அலகு முனைவலிமையும் உள்ள ஒரு சிறு காந்தம் நிலக்காந்தப் புலத்தில் வடமுனை வடக்குநோக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளது. அந்தப் புலத்தில் நடுநிலைப் புள்ளிகளின் இருப்பிடத்தைக் கணக்கிடு. H = 0.36 அலகு (செ.ப: 1975 செப்.).

SI-ல் பெயரில்லா அலகு எதுவும் கிடையாது. மின்சார இயலைப் பொறுத்தவரை RmksA அல்லது SI, cgs அலகுத் திட்டத்துடன் தொடர்பு கொண்டதன்று. அவற்றின் கொள் கைகள் முற்றிலும் மாறுபட்டன. 'தனிக்காந்த முனை' உண்மையில் உலகில் இல்லாததுபோலவே SI-லும் கிடையாது. SI-ல் $H = 30$ A m. மேலும் SI-ல் B தான் பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய கணிசம்.

(9) வந்தார் சோமர்பீல்டு!: மின்சார இயலில் 1964-க்கு முன்னர் $m = \mu_0 IA$ என்ற கென்னல்லி பரிந்துரை வழக்கத்தில் இருந்தது. 1933-34 குளிர்பருவ விரிவுரைத் தொடரில் சோமர் பீல்டு ஆற்றிய தெரியியல் பூதநூலின் விரிவுரைகள் (Lectures on theoretical physics) 1948-ஏப்பிரலில் செர்மனியில் நூல் வடிவில் வெளிவந்தது. பின்னர் அஃது ஆங்கிலத்தில் மொழியாக்கம் செய்யப்பட்டு 1964-ல் வெளியாகி எங்கும் பரவிற்று. அதில் சோமர்பீல்டு எடுத்துரைத்த $m = IA$ என்ற பரிந்துரை மிக எளிதாக, இயல்பாக, அறிவியற் பொருத்தம் மிக விளங்குகிறது. 1964-க்குப் பின்னர்தான் மேலைநாடுகள் $m = IA$-ஐப் பயன் படுத்தியதால் நாம் இன்னும் பத்தாண்டுகள் காத்திருக்க வேண்டுமா, என்ன? பிரிட்டனுக்குப் பதினைந்து ஆண்டுகளுக்கு முன்பே 'மெட்ரிக்'குக்கு உட்பட்ட நாம் உடனடியாக $m = IA$ என்ற சோமர்பீல்டு பரிந்துரையின் வழியில் அலகுகளை மேற் கொள்ளவேண்டும் (12.1.38, 39, 40).

இதனையுறியாமல் '$B = \mu_0 H + M$. எனினும் சில நூலா சிரியர்கள் $B = \mu_0 (H + M)$ எனக் குறிக்கின்றனர்' என மொட்டையாய் எழுதினால் எவருக்குப் புரியும்?

0.5.3. SI கணிசப் பெயர்கள்

கணிசப் பெயர்களின் தவறான சொல்லாட்சிகள் SI பயன் படுத்தத்தில் களையப்படவேண்டும்.

வெப்பத்தடை அடர்த்தி எண்கள்!: RmksA அல்லது SI அலகில் நூல் எழுதுபவர்கள் தடையெண் (specific resistance), அடர்த்தி எண் (specific gravity) போன்ற சொற்கள் சரிதான் எனக் கருதினால் என்ன செய்வது! தனிவெப்பக்கொண்மை (specific heat *capacity*), தனிமறைவெப்பம் (*specific* latent heat) என்பன அறியாத தொடர்கள் எனக் கூறி மகிழ்வதில் பொருள் உண்டா? வெப்பக் கொண்மைக்கு (heat capacity) ஒப்புடைய கணிசம் மறைவெப்பம் (latent heat) எனின் தனிவெப்பக் கொண்மைக்கு ஒப்புடைய கணிசம் தனிமறைவெப்பம். இது வரை இதனைத் தவறாக வெறுமனே மறைவெப்பம் (latent heat) என்று வழங்கிவந்ததற்காக இனிமேலும் பொருத்தக் குறைவான அச் சொல்லையே பொத்தகங்களும் கைக் கொள்ளலாமா ?

அங்ஙனமே விரிவுக்குணகம் (co-efficient of expansion) சுருக்கமாக விரிவம் (expansivity) என வழங்கப்பட வேண்டும்.

0.5.4. குறியீட்டுக் குழப்பம்

கணிசங்களில் *m*-காந்தச் சுழலத்துக்கு உரியது; நாம் முனைவலிமைக்குப் பயன்படுத்துகிறோம். காந்தவாக்கச் செறிவுக்கு ஆன *M* ஆல் காந்தச் சுழலத்தைக் குறிக்கிறோம். கொண்மை (capacity) வரும் இடமெல்லாம் *C* தான் பயன்பட வேண்டும்; நாமோ தனிவெப்பக் கொண்மைக்கு *s*-ஐயும், மின் கொண்மைக்கு *c*-ஐயும் வெவ்வேறாகக் கொள்கிறோம்.

இவ்வாறே அலகுக் குறியீடுகளும் நூல்களில் மட்டுமன்றிப் பல்கலைக்கழக வினாத்தாள்களிலும் K-gm (*for* kg), secs (*for* s), amp (*for* A)-என இவ்வாறே, வரைதுறையின்றிக் குறிக்கப் பட்டுள்ளன. கெல்வினை முழுத் தவறாக °A என்றும், அரைத் தவறாக °K என்றும் குறிப்பிடுகிறோம். அது வெறும் Kதான். பல்கலைக்கழக ஆராய்ச்சித்துறைகளிலும் இந்த நிலையே நீடிக்கிறது.

SUN குறியீடுகள்!: யுனெஸ்கோ (UNESCO)-இன் இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியலுக்கான அனைத்து நாட்டு ஒன்றியம் (IUPAP) அமைத்துள்ள குறியீடு, அலகு, பெயரீட்டுக் குழு (SUN Commission), 1965-லேயே கணிசங்களுக்கு இன்னின்ன குறியீடுகளையே பயன்படுத்தவேண்டும் எனத் தெளிவாக அறிவித்திருந்தும் நாம் மனம்போனபடி குறியீடுகளைக் கைக்கொள்வது தவறு. (SUN குழுவின் குறியீடுகளைப் பின்னிணைப்பில் 14.8.23-ல் காண்க.)

0.5.5. அமெரிக்காவில் SI

RmksA அலகுத்திட்டத்தின் செழித்த வளமைமிக்க திட்டமான SI சிக்கல்கள் அற்ற இயல்பான திட்டம். அமெரிக்கத் தொழிலியலில் SI பயன்படுத்தப்படாவிட்டாலும்கூட, அறிவியற் கல்வித்துறைகளில் SI-யே பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. எனினும், SI-ன் 'குறைபாட்டை' உணர்ந்த அமெரிக்கர், மீண்டும் cgs திட்டத்துக்கு மாறி வருகின்றனர் என்ற ஒரு புரளி நமது கல்வித் துறை எங்கும் பரவிவருகிறது. மேம்பட்ட தெரியியல் புலங்கள் (advanced theoretical fields) சிலவற்றில் cgs எளிமையானது எனினும், SIஐ நீக்கும் அளவுக்கு அதற்கு வலிமை கிடையாது.

இதனைப்பற்றி அமெரிக்கப் பேராசிரியர் பர். ரீசு (Dr. Riesz) அவர்களை வினாவியபோது, அப் பேராசிரியர், 'அமெரிக்கப் பூதவியல் நிறுவனம் (American Institute of Physics) SI-ஐத் தான் பயன்படுத்த வேண்டும் என்று பணித்திருக்கிறது. அதுவே சரி. ஒருங்கிணைந்த, ஓர்மையான, எளிய, தெளிவான SI அலகுகள் சிறந்தன; சீரியன; கைக்கொள்ளத் தக்கன. இதில் ஐயமில்லை; இதில் குழப்பம் என்பது மாணவர் மனத்தில் இல்லை; ஆசிரியரின் மனத்தில்தான் (The confusion is not in the minds of the students; but in the minds of the teachers). SI-ஐப் பயன்படுத்தாததற்கு உண்மையில் வெட்கப்பட வேண்டும்', என்று விளக்கி, 'அமெரிக்காவில் அணுக்கரு இயலார் மட்டுமே இன்னும் SI-க்கு மாறாமல் இருக்கிறார்கள்' என்ற செய்தியையும் தெரிவித்தார். இவ்வாறிருக்கும்போது, RmksA அலகுத் திட்டத்தில் மட்டுமே மாணவர்க்குப் பாடம் புகட்டவேண்டும் என்ற பல்கலைக்கழக ஆணையை அப்படியே மேற்கொண்டு, எளிய, இனிய பகுத்தறிவுக்குப் பொருத்தமான இத் திட்டத்தில் தொடர்ந்து கற்பித்ததற்காகக் கணக்கிலடங்காத் துன்பங்களையும் தொல்லைகளையும் அளித்த ஒரு பேராசிரியரும் இருந்தார்.

இவ்வாறு, கல்விபுகட்டும் துறையில் SI பயன்படுத்தம், பெரும் குழப்பநிலையில் இருந்தது. பாடத்திட்டமும், பாடநூல்களும், கற்பிக்கும் ஆசிரியர்களும் பெரும் மயக்க நிலையில் இருந்தனர். SI அலகுப் பயன்படுத்தம் எவ்வாறு இருக்க வேண்டும் என்று சென்னைப் பல்கலைக்கழகத்தின் அன்றைய (1974-75) பூதவியல் பாடத்திட்டக்குழுத் தலைவர் பேரா. S. R. கோவிந்தராசன் அவர்களுக்கு எழுதியபோது, அவர் 'இயற்பியல் படிப்பின் பல்வேறு மட்டங்களில் அலகுப் பயன்படுத்தத்தைப் பற்றிய உங்கள் விரிவான, விளக்கமான, ஒளியூட்டும் (illuminating) அஞ்சல் கிடைத்தது; அறிவியல் பூர்வமாக

நீங்கள் அறிவித்தன அனைத்தும் சரியே. பாடத்திட்டத் திருத்தம் வரும்போது உங்களது மிகச் சரியான வாதங்களுக்கு எவரும் முழுக் கவனிப்புத் தர இயலும் வகையில், அடுத்த கூட்டத் தொடரில் உங்கள் கருத்துகள் விவாதிக்கப்பட்டுப் பதிவு செய்யப்படும்' என எழுதினார். இவ்வாறு ஊக்கப்படுத்திய ஒரு பேராசிரியரும் இல்லாமல் இல்லை.

0.5.6. மீண்டும் வேண்டுவம்

எனவே, இனிமேல் நூல் எழுதுபவர்கள் அது பாடநூலாயினும், பார்வை நூலாயினும், பொதுவகையான நூலாயினும், எந்த இயல் நூலாயினும் அதில் அலகுகளோ அளவீடோ வந்தால் அவை SI-ல்தான் இருக்குமாறு பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். ஏற்கெனவே cgs அலகுத் திட்டத்தில் எழுதியுள்ள நூல்களில் வெறும் அலகுமாற்றம் செய்வது சரியன்று. SI-ன் கருத்தடிப்படையை மேற்கொண்டு புதிதாக எழுதுவதே பொருத்தமாக அமையும்.

0. 6. இயங்கியமும் அளவீடும்*
(Dielectics and Measurements)

இயற்கையறிவியல் (natural sciences) ஆயினும் குமுக அறிவியல் (social sciences) ஆயினும் அவை இயங்கிய நெறிகளுக்கு உட்பட்டே இருக்கும், இருக்கவேண்டும். அனைத்து அறிவியல்களுக்கும் பொதுவான நமது அளவீட்டு அறிவியலும் இந்த இயங்கிய நெறிகளுக்குப் பொருந்துகிறதா எனப் பார்ப்போம்.

0.6.1. தொடரும் மாற்றம்

அளவியலின் அலகுத்திட்டங்களும் காலந்தோறும் cgs, mks, mksA, RmksA, SI எனத் தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டே வந்துள்ளன. SI-ல்கூட அடிப்படை அலகுகள் தொடக்கத்தில் 6 ஆக இருந்தன ; பின் மோலுடன் 7 ஆயின ; துணை அலகுகள் ஆன கோண அலகுகளை அடிப்படை அலகுகளாகப் பாவிக்கும் பரிந்துரையும் இருந்துவருகிறது.

0.6.2. ஒன்றோடு ஒன்று

ஒரு பொருளின் கூறுகள் ஒவ்வொன்றும் அடுத்ததுடன் பின்னிப் பிணைந்ததே! ஒன்றில் ஏற்படும் மாற்றம் மற்றதில் அதன் தாக்கத்தை ஏற்படுத்தும்.

*அடுத்த பதிப்பில் அளவீட்டு அறிவியலின் ஓர் அதிகாரமாக விளக்கப்பெறும்.

ஒவ்வோர் அலகும் அடுத்த அலகுடன் சார்பு உடையதே! LMT^{-2} என்ற அலகுகளின் பிணிப்பில் விசை அளக்கப்படுகிறது; மின்னோட்டத்தின் காந்தப் பயனால் ஆன விசை ஆம்பியரை வரையறுக்கிறது; படித்தர உருவாக்கத்தில்கூட, ஒரு கனடெசி மீட்டர் கொண்மை நீரின் நிறையே நிறைப் படித்தரத்தைத் தொடக்கத்தில் வரையறுத்தது.

எனவே, அலகுத்திட்டத்தை முழுமையாய்ப் பார்க்கவேண்டுமே யன்றிப் பகுதியாய்ப் பார்க்கக் கூடாது; பகுதியையும் முழுமையின் பகுதியாய்ப் பார்ப்பதே சரியான பார்வை.

0.6.3. அளவுமாறினால் அதன் குணம்?

அகவயமான முழத்தைக் கைவிட்டு, படிப்படியாக வளர்ச்சியுற்று, பின் புறவயமான மீட்டரை நீளத்தின் படித்தரமாக மேற்கொண்ட அளவு மாற்றக்கூறு, அலகுத்திட்டத்தின் பண்பை SI ஆக ஆக்கியது. அங்ஙனமே ஒத்தியன்மையற்ற கலோரியை நீக்கி SI-ல் 'சௌல்' மேற்கொள்ளப்பட்டதால் வெப்பவிசையச் சமனி என்னும் கோட்பாடு நீக்கப்பட்டது. இவ்வாறு அளவு மாற்றம் குணமாற்றத்தில் முடிகிறது.

0.6.4. அளவிலிருந்து குணத்துக்குத் தாவினால்...

படிநிலை வளர்ச்சிக்குப் புறம்பாக இயங்கிய வளர்ச்சி தாவி முன்னேறுதலை உடன்படுத்துகிறது.

ஆண்டாண்டுக் காலமாகப் பல்வேறு அலகுத்திட்டங்களைக் கைக்கொண்டு அழற்சியுற்ற அறிவியற் கணக்கீடுகள், SI-க்கு மாறிய உடன், இதுவரை பல்வேறு அலகுத்திட்டங்களில் எதிர் கொண்ட கணக்கற்ற சிக்கல்கள் யாவும் அகற்றப்பட்டுச் சீர்மையுற்றன; அளவீடு செழுமைப்பட்டது.

0.6.5. மறுப்புக்கொரு மறுப்பு

மாற்றம் தொடர்வதால் முதல்நிலையை, அடுத்தது மறுப்பது இயங்கிய வளர்ச்சிப் போக்காகும்.

அறிவியல் கற்பிக்க உதவும் அலகுத்திட்டங்களை மட்டும் கருதினால், முதலில் mm-mg-s அலகுத்திட்டம் மறுக்கப்பட்டு, அதன் வளர்ச்சிநிலையாய் cm-g-s திட்டம் வந்தது; பின் அதுவும் மறுக்கப்பட்டு மேல்வளர்ச்சி நிலையாய் m-kg-s திட்டம் வந்தது.

கம்மிய இயலில் m-kg-s திட்டம் மறுக்கப்பட்டு m-kgf-s விசைத் திட்டம் வந்தது; அதுவும் தற்போது SI-ஆல் மறுக்கப்பட்டு m-kg-s திட்டம் புதிய வலிவோடும் வளர்ச்சியோடும் மீண்டுள்ளது.

0.6.6ஐ அளவியலில் முரண்பாடு!

முரண்பாடுகளைப்பற்றிய ஆய்வே இயங்கியத்தின் சாரம் எனப்படுகிறது. ஒவ்வொன்றும் தன்னுள்ளே இரண்டு எதிர் மறைகளைக் கொண்டுள்ளது; இந்த இரு எதிர்மறைகளுக்கு இடையில் ஆன உறவே முரண்பாடு எனப்படும். இந்த முரண் பாட்டு நெறிகளுக்கு அளவியல் உட்படுவதைக் காணலாம்:

(1) **அனைத்துப் பொதுத்தன்மையும் குறித்த தன்மையும் (universality and particularity)**: *அளவீட்டின் பொதுத்தன்மை யில் (எ-டு: நிறை), ஒரு பொருள் (எ-டு: படித்தரம்) அதன் மற்றப் பொருள்களில் இருந்து தனிப்படுத்தப்பட்டு, அதன் அனைத்து அளவீட்டுக்கும் ஆன ஒரேயொரு குறித்த தனிப் பண்பைப் (எ-டு: சேவ்ரே பிளாட்டின-இருடியப் படித்தர நிறை) பெற்றுள்ளது. அஃதாவது, ஒரு பொருளின் பொதுத்தன்மை யான நிறையைச் சேவ்ரே பிளாட்டின-இருடியப் படித்தர நிறை யான குறித்த தன்மை நிறையால் 'அளக்கிறோம்'.*

(2) **முதன்மையும், துணைமையும், அவற்றிடை வினையும்**: ஓர் இயக்கத்தை முடுக்கும் அல்லது ஒடுக்கும் போக்கில் பல முரண் பாடுகள் இருப்பினும், ஒரு முரண்பாடுதான் தலையாயது; அதுவே முதன்மை முரண்பாடு. ஏனையவை துணை முரண் பாடுகள் ஆகும். முதன்மை முரண்பாடு துணை முரண்பாடு ஆகவும், துணை முரண்பாடு முதன்மை முரண்பாடு ஆகவும் மாறும் வாய்ப்பும் உண்டு.

அளவீட்டின் வளர்ச்சிக் கட்டத்தில் பல்வேறு அலகுத் திட்டங்கள் உருவாக, புதிய அலகுத்திட்டம் முந்தைய அலகுத் திட்டத்தைப் பின்னுக்குத் தள்ளிவந்தது. நீளம்-நேரம்-நிறை என்ற கணிசத்திட்டத்தில் cm-g-s முதன்மையாகவும், m-kg-(s) வருவித்ததாகவும் இருந்தது. பின் m-kg-s முதன்மையானதாகவும் cm-g-(s) வருவித்ததாகவும் வந்தது. மின்சார அலகுகளில் mksC அலகுத்திட்டத்தில் முதன்மையலகாக இருந்த கூலும் (coulomb), mks A அலகுத்திட்டத்தில் வருவித்த அலகு ஆயிற்று; mksC அலகுத்திட்டத்தில் வருவித்த அலகான ஆம்பியர் mks A அலகுத் திட்டத்தில் அடிப்படையலகு ஆனது C அல்லது A ஐ ஈடுறுத்து வதால் அலகுத்திட்டச் சிக்கல்கள் பலவும் தீர்வுற்றன.

cgs அலகுத்திட்டத்தில் முதன்மையாய் (அடிப்படையாய்) இருந்த சென்டிமீட்டர், கிராம் SI-ல் முறையே திட்டமில் அலகாகவும் பின்வரு அலகாகவும் ஆயின.

(3) ஓர்மையும் போராட்டமும் (unity and struggle): ஒவ்வோர் இயக்கப்போக்கிலும் முரண்பட்ட கூறுகள் ஒன்றையொன்று தவிர்க்கின்றன; எதிர்க்கின்றன; போராடுகின்றன.

அளவீட்டின் வளர்ச்சிப்போக்கில் நீளம் என்ற கணிசத்தில் மட்டும் ஒத்த தன்மையலகுகள் ஆன mm, cm, m ஆகியன முரண்பட்டுத் தற்போது SI-ல் m முதன்மைக்கு வந்துள்ளது.

mm-cm-m போன்ற ஒத்ததன்மைக் கூறுகளின் இடமாற்றத்தால் அலகுத்திட்டங்களின் குணமாற்றம் அஃதாவது mm—g-s, cm-g-s, m-kg-s ஏற்பட்டது.

* * *

நமது அளவீட்டு அறிவியல், இவ்வாறு இயங்கிய நெறிகளுக்கு இணங்கிவருகிறது.

0. 7. தொடர்புடைய சில செய்திகள்

1956-ன் 89ஆவது சட்டமான இந்திய அளவீட்டுப் படித்தரச் சட்டம் 1956 டிசம்பர் 28-ல் குடியரசு தலைவர் ஒப்பம் பெற்றவுடன் இந்தியாவில் ஏனைய எல்லா அளவீட்டு அலகுகளும் அகற்றப்பட்டு, அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்டத்தின் முன்னோடியான மெட்ரிக் அலகுத்திட்டம் ஒன்றே இந்நாட்டின் அளவீட்டுத் திட்டமாக ஆயிற்று. அச் சட்டத்துக்குப் பின்னர்ச் சேர்க்கப்பட்ட திருத்தத்தால் SI-யே நமது அலகுத்திட்டமாக அமைந்தது.

0.7.1. பிரளயமும் வறட்சியும்

சில தொழில்முறை அளவுத்திட்டங்களில், பிரிட்டன் நம்மை வழிகாட்டியாகக் கொள்கிறது. இருந்தும், பிரிட்டனின் மெட்ரிக் (SI) திட்டக்காலம் 1970-75 தொடங்குவதற்கு இரண்டு ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே, 1968-ல் அட்கின்ஸ் (J. L. Atkins) என்பார் கூறுவதைப்போல், அங்கே 'மெட்ரிக் பற்றிய நூல் வெளியீட்டுப் பிரளயமே ஏற்பட்டுள்ளது'. ஆனால் அவர்களுக்கு முன்னோடியாக விளங்கிய நமது நாட்டில் அலகுத்திட்டம் பற்றிய கல்வித்துறை நூல்கள் தகுந்த அளவில் வெளிவரவில்லை என்பது பெரும் குறையே.

0.7.2. எந்நன்றி கொன்றார்க்கும்...

ரசிய ஆசிரியர் ல. ஆ. சேனா என்பவரின் 'கணிசங்களின் அலகுகளும் அவற்றின் பரிமானங்களும்' (Edinitsy izmereniya fizicheskikh velichin i ik razmernosti) என்னும் நூல் இந்த

நூலை எழுதுவதற்கு மிகவும் உதவியது. அளவீட்டை அறிவதற்குப் பயனான நூல்களுள் சிலவற்றைக் கருவிநூற் பட்டியலில் காண்க.

0. 8. தமிழால் முடியும்!?

0.8.1. மறைவாகப் பழம்பெருமை

'மறைவாக நமக்குள்ளே பழம்பெருமை பேசுவதில் மகிமை இல்லை; திறமான புலமையெனில் வெளிநாட்டார் அதை வணக்கம் செய்தல் வேண்டும்' என்பதை உணர்ந்த இந் நூலாசிரியன் இந் நூலின் முதல் இரு அதிகாரங்களில் பழந்தமிழரின் (அளவீட்டு) அறிவியல் திறத்தை ஓரிரு இடங்களில் சுட்டுவது பழம்பெருமை பேசுவதற்காக அன்று; அதனால் ஒரு வகையான பயனும் விளையப்போவதும் இல்லை. நீண்ட நெடுநாள்களாக அடிமைப்பட்ட நாட்டில் அறிவியல் மலர்ச்சிக்கு வழிதான் உண்டா? உரிமைத் திருநாட்டில் தமிழர்கள் அறிவியல் அளவில் தங்களைத் தகுதியானவர்களாக ஆக்கிக்கொள்ளும் கிளர்வூக்கம் உண்டாவதற்கே பழைய வரலாறு சுட்டப்படுகிறதேயன்றி வேறன்று.

0.8.2. தமிழால் முடியும்!?

வழக்கத்தில் உள்ள எல்லா அலகுத் திட்டங்களையும் எடுத்துரைக்க இந்தியாவில் முதலாவதாக வெளிவரும் விரிவான முழுநூலான இது, மூலமுதற் செம்மொழியான தமிழில் வருவது பொருத்தமே.

இந்நூல் அளவீட்டு இயலுக்கு ஆற்றுகிற சிறப்புப்பணி ஒரு புறம் இருக்க, இந் நூலைக் கற்போர் உள்ளத்தில் **தமிழால் முடியும்** என்பது மட்டுமல்லாமல் **தமிழாலேயே முடியும்** என்னும் உள்ளுணர்வுக் கிளர்ச்சியை ஒருசிறிது உண்டாக்கினாலும், இந் நூல் எழுதிய பணி வீணாய்ப் போகவில்லை என்னும் மன நிறைவு நூலாசிரியனுக்கு ஏற்படும்.

> 'பருப்பொருட் டாகிய பாயிரம் கேட்டார்க்கு
> நுண்பொருட் டாகிய நூல்இனிது விளங்கும்.'

முதலாம் பாகம்

அளவீட்டு இலக்கியம்

'எல்லா எண்களையும் பத்தே பத்துக் குறியீடு களால் குறிக்கும் நுண்மாணுழைபுலம் மிக்க முறையை உலகுக்கு அளித்தது இந்தியாவே! இந்தக் குறியீடுகள், தனித்த மதிப்பு (0→9), தாம் இருக்கும் இடத்துக் கான இடமதிப்பு (அஃதாவது 22-ல் உள்ள முதல் 2, இருபதையும், அடுத்த 2, இரண்டையும் குறிக்கும் மதிப்பு) என இரு மதிப்புகளைக் கொண்டவை. கருத் தாழம் மிக்க இதன் சிறப்பை நாம் உணரக்கூட இயலாத அளவுக்கு, இஃது அவ்வளவு எளிமையாய் உள்ளது. இந்த எளிமை கணக்கியலில் பற்பல புதுக் கண்டுபிடிப்புகளுக்குக் காரணம் ஆயிற்று. இம்முறை, ஆர்க்கிமிடீஸ், அப்போலோனிஸ் என்ற இருபெரும் மாமேதைகளின் நுண்ணறிவுக்கும் தப்பியது எனும் போதுதான், இந்தியரின் வனப்புமிக்க இம் முறையை உரியவாறு நாம் பாராட்ட இயலும்.'

—பேரறிஞர் லேப்லேஸ்*

*quoted from Will Durant: *Our Oriental Heritage*, 1963, p. 527, Simon and Schuster, New York.

1. எண்மானம்

1. எண்மானம்
(Numeral System)

எண்என்ப ஏனை எழுத்துஎன்ப இவ்விரண்டும்
கண்என்ப வாழும் உயிர்க்கு. (குறள் : 392)

எண் என்பது எண்மானத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட கணிதமும் அறிவியலும் ஆகும். 'கணிதம் அனைத்து அறிவியல்களின் அன்னை' (Mathematics is the mother of all sciences) என்பதால் **எண்** என்பது கணிதத்தையும் மற்ற அறிவியல்களையும் ஒருசேரக் குறிக்கும். எழுத்து என்பது இலக்கியம். இலக்கியம் மன மகிழ்ச்சிக்கு மட்டும் உகந்தது. அறிவியலோ மனமகிழ்ச்சிக்கும் எல்லாவகைப் புற வசதிகளுக்கும் காரணமாகி மன நிறைவுக்கு வழிவகுக்கிறது. எனவே அது முதன்மையாகக் கூறப்படுகிறது. உலகில் வாழும் உயிர்களுக்கு அறிவியலும் இலக்கியமும் ஆன இரு அறிவு நுகர்ச்சிகளும் இரண்டு கண் போன்றவை. இதில் அறிவியலுக்கு அடிப்படையானது, எண் அளவை எனப்படும் எண்மானம் ஆகும்.

1-1. தொடக்க எண்மானம்

1, 2, 3,... என எண்ணத் தெரியாத அல்லது எண்ண இயலாத ஒரு காலம் எப்படியிருந்திருக்கும்?...... எண்ணிப் பார்க்க இயலாதுதான்! வரலாற்றுக்கு முந்திய தொல்பழங் காலத்தில் தன் கிடையில் உள்ள ஆடுகளைக் குறிக்க மாந்தன் என்ன செய்திருக்கக்கூடும்? 'ஒவ்வோர் ஆட்டுக்கும் ஒவ்வொரு கல்' என, தனது மடியில் கற்களை ஒவ்வொன்றாகப் போட்டிருப்பான். ஆட்டை வேறிடம் மாற்றினால் ஒரு கல்லையும் வேறிடம் மாற்றி ஒரு கல்லுக்கு ஓர் ஆடு என்ற முறையில் கணக்கிட்டிருப்பான்.

ஓர் அளவின் தொகையை எண்ணி, நினைவில் இருத்துவதற்கு, இவ்வாறே பழங்கால முதுமக்கள் சிறு கற்களையும் குச்சிகளையும் பயன்படுத்தினர். இன்றும்கூடக் குழந்தைகள் கூட்டிப்பழக உதவும் எண்ணிச் சட்டங்களில் (abacus) சிறு சிறு பரல்கள் உள்ளன அல்லவா? கற்களின் உதவியால் எண்ணுவதைப்போலவே பாறையில் கீறியும், பானைகளில் கரிக் கோடுகள் அல்லது புள்ளிகள் இட்டும் எண்களைக் குறித்தனர். சிற்றூர்களில் பால்காரர்கள் வீட்டு முகப்பில் புள்ளி வைத்துப் பால் கணக்கை அறியும் வழக்கத்தைப் போன்றதே இதுவும். ஒன்றுடன் ஒன்று சேரும்பொழுது அதற்கு ஒரு பெயர் வேண்டியிருந்தது. எடுத்துக்காட்டு : **இரண்டு**, tri, two. இவ்வாறே மேலும் ஒவ்வொன்று சேரச்சேர அததற்குத் தனித்தனிப் பெயர்கள் உண்டாயின.

1-2 எண்மான வகைகள்

நமது எண்மானத்தின் அடிப்படை 10. அஃதாவது 1 முதல் 9 வரை வந்தபின், மீண்டும் 10உடன் 1 முதல் 9 வரை சேர்த்து பதினொன்று, பன்னிரண்டு,பதின்மூன்று,......,பத்தொன்பது என இவ்வாறே பத்தின் அடிப்படையில் எண்ணிவரும் பதினமுறை (decimal system) இது. ஆனால் உலகில் பலவகையான எண்மானங்கள் வழக்கில் இருந்தன; இருக்கின்றன.

1-2·1. சோடி முறை (The pair system): 'ஒன்று, இரண்டு, இரண்டுடன் ஒன்று (3), இரண்டுடன் இரண்டு (4), இரண்டு இரண்டுடன் ஒன்று (5), இரண்டு இரண்டுடன் இரண்டு (6), ...' என இரண்டே எண்களால் இரண்டின் அடிப் படையில் கணக்கிடும் வழக்கம் ஆஸ்திரேலியப் பழங்குடிகளிடமும், ஆப்பிரிக்கப் பிக்மிக்களிடமும் (Pigmies) வழங்கிவந்தது; இம்முறை தென் அமெரிக்கப் பழங்குலத்தினரிடத்தும், நியூகினிய நாட்டு மொழிகளிலும் நிலவிவந்தது. பதின முறையின் சிறப்பு ஒன்றையே அறிந்த நமக்கு இந்த இரட்டை முறை வேடிக்கையானதாகத் தோன்றலாம். ஆனால் கணிப்பானில் (Computer) இந்த முறைதான் பயன்படுகிறது.

1-2·2. இரட்டை எண்மான முறை (Binary system): கணிப்பானுக்கு உகந்த சுருங்கிய எண்மான முறை இரட்டை எண்மான முறையே! இம்முறையின் **அடிப்படை எண் 2; இலக்கங்களின் குறியீடுகள்** சுழியும் (0) ஒன்றும் (*1*) ஆகும்.

பதின எண்	கணிப்பான் எண்	விளக்கம்
0:	0	—
1:	1	—
2:	10 =	$1(2)+0$
3:	11 =	$1(2)+1$
4:	100 =	$1(2^2)+0\ (2)+0$
5:	101 =	$1(2^2)+0\ (2)+1$
6:	110 =	$1(2^2)+1\ (2)+0$
7:	111 =	$1(2^2)+1\ (2)+1$
8:	1000 =	$1(2^3)+0(2^2)+0(2)+0$
9:	1001 =	$1(2^3)+0(2^2)+0(2)+1$
10:	1010 =	$1(2^3)+0(2^2)+1(2)+0$
11:	1011 =	$1(2^3)+0(2^2)+1(2)+1$
12:	1100 =	$1(2^3)+1(2^2)+0(2)+0$
13:	1101 =	$1(2^3)+1(2^2)+0(2)+1$
14:	1111 =	$1(2^3)+1(2^2)+1(2)+0$
....	....	....
20:	10100 =	$1(2^4)+0(2^3)+1(2^2)+0(2)+0$
....	....	....
100:	1100100 =	$1(2^6)+1(2^5)+0(2^4)+0(2^3)+1(2^2)+0(2)+0$

இம் முறையில் ஒன்றாம் இட *1*, **ஒன்று** என்ற எண்ணையும் (அஃதாவது $2^0 = 1$); இரண்டாம் இட *1* **இரண்டு** என்ற எண்ணையும் ($2^1 = 2$); மூன்றாம் இட 1 ($2^2 = 4$) 4 என்ற எண்ணையும் இவ்வாறே எண்கள் எல்லாவற்றையும் தொடர்ந்து குறித்துவரும்.

1-2·3. பல்வகை எண்மான முறைகள்: இவ்வாறே மூன்றை அடிப்படையாகக்கொண்ட **மும்மை முறையும்**, நான்கை அடிப்படையாகக் கொண்ட **சதுர முறையும்** தென் அமெரிக்கப் பழங்குடியினரிடம் (Tierra del Fuego) வழக்கில் இருந்தது. தொன்மைமிக்க **ஐம்மை முறை** (quinary scale) தென் அமெரிக்க அரவாக. (Arawakan) மொழியான சரவேகா (Saravega) மொழியில் இன்றும்கூட வழங்கிவருகிறது. இங்ஙனமே **அறுமை, பன்னிருமை, இருபதின்மை** முறைகளும் வழக்கில் இருந்து வருகின்றன.

ஓர் அடியில் 12 அங்குலம், ஒரு ஷில்லிங்குக்குப் (shilling) பழைய 12 பென்ஸ், ஓர் ஆண்டில் 12 மாதங்கள், ஒரு நாளின் (நாள் = பகல்) 12 மணிகள், 12 பழைய சல்லி = 1 அணா, 1 டஜன் (= 12), 1 குரோஸ் (gross = 12 × 12 = 144) போன்ற 12-ன் அடிப்படைகள் நாம் அறிந்தனவே.

மாந்தனுக்கு இருகைவிரல் 12 என்று இருந்திருந்தால், உலகம் முழுக்க இந்தப் பன்னிருமை எண்மானத் திட்டம் வழக்கில் வந்திருக்கக்கூடும். பதின்மை முறையில் பழகிய நமக்குப் பன்னிருமை முறையையோ, வேறொரு முறையையோ கற்பனை செய்தல் மிகக் கடினமே. இப்பொழுது வழங்கும் எண்களுக்குப் பதிலாக வேறொரு குறியைக் கொடுப்போம்.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L

பதின்மைத் திட்டத்தில் 13 என்பது 10-ம் 3-ம் கூடியது. பன்னிருமைத் திட்டத்தின் நமது குறியீட்டில் 13 என்ற எண் LA என ஆகும்; JC-யும் அன்று AC-யும் அன்று. 23-LK (BC அன்று) என இருக்கும். இவ்வாறே ஏனைய எண்களைக் கற்பனை செய்யலாம். இது பல்வகை எண்மானத் திட்டங்களை அறியும் பயிற்சியாக அமையும்.

1 3. பதின முறை (Decimal system)

தமிழகத்தின் தொல்பழம் பெருமைமிக்க எண்மான முறை பதின முறையே. ஒன்று, இரண்டு, மூன்று, நான்கு, ஐந்து, ஆறு,

ஏழு, எட்டு, தொண்டு (இன்றைய ஒன்பது) எனப் பத்து வரை வந்து மீண்டும் பதினொன்று, பன்னிரண்டு, பதின்மூன்று எனப் பத்தின் தொடக்கமாக மடங்கி மடங்கி வரும் பதின முறை அறிவியல் அளவீட்டுக்கு மிக உகந்தது.

மாந்தனுக்கு எண்ணப் பயன்பட்டவை 'இரு கை விரல்கள்'. ஒன்று முதல் தொண்டு (9) வரை எண்ணிய பின் இறுதியில் இருந்த ஒன்றுக்குப் **பல** என்ற பொருளில் **பல் + து** = பஃது எனப் பெயரிட்டனர். தொல்காப்பியர் காலத்துக்குப் பின்னரும், பஃது என வழங்கி வந்த 10 பின்னர் **பத்து** என ஆயிற்று. இவ்வாறு பல என்ற பொருளில் பெயரிட்ட தனிச்சிறப்பு, பதினமுறையின் அடிப்படையை உலகுக்கு அளித்தது தமிழ் மொழியே எனத் தெளிவாய்த் தெரிவிக்கிறது. மேலும் உள்ள பல சான்றுகளை உரைப்பின் விரியும்.

1-3·1. தமிழ் எண்ணுப் பெயர்கள் : தமிழ் எண்ணுப் பெயர் வரலாற்றை அறிந்துகொள்வது இனிமை பயக்கக் கூடிய, ஏற்புடைய செயலே !

ஒன்று: ஒல்-ஒன்-ஒன்று.ஒல்-ஒல்லுதல் என்றால் பொருந்து தல், ஒன்றுசேர்தல், பிரியாதது என்று பொருள். 'one' என்பதற்கு ஆங்கிலத்தில் பிரியாதது (undivided) என்றும் பொருள் உண்டு.

ஒல்-ஒன்-ஒன்னு-one. OE. an; Du. een; G. ein; GK. oinos, oine. l. unis.

இரண்டு : ஈர்-இர்-இரது-இரடு-இரண்டு. ஈர்தல் = ஒன்றை இரண்டாக அறுத்தல். ஈர்வதால் கிடைக்கும் துண்டுகள் இரண்டு. இதன் அடிப்படையில் 2ஐ இரண்டு குறித்தது.

துமி (த்தல்) என்றால் வெட்டுதல். இதே **துமி** என்ற அடிப்படைக் கருத்திலேயே, துமி-துவி-two என்ற இரண்டாம் எண்ணுப் பெயர்களும் உருவாகியிருக்கின்றன.

மூன்று : இதற்கான வேர்ச்சொல் ஐயந்திரிபற அறியப்பட வில்லை. முப்பட்டையான மூக்கு என்பதில் இருந்து தோன்றி யிருக்கலாம் என்பர் அறிஞர்.

நான்கு : (நானிலம் =) நாலம் — ஞாலம்.

நாலம்-நால்-நான்கு என்ற நிலத்தின் பெயர் எண்ணுக்கு ஆகி, நான்கு என ஆயிற்று.

ஐந்து : கை-ஐ-ஐந்து-அஞ்சு (- பஞ்ச). ஒரு கைவிரல் ஐந்து. கையில் உள்ள விரல்களைக் கொண்டே ஐம்மை எண்மான முறை அமைந்தது. வறட்டி விற்கும் பெண்டிர் ஒவ்வோர் ஐந்து வறட்டித் தொகுதியையும் ஒவ்வொரு கை என்று கூறுதல் கவனிக்கத்தக்கது.

ஆறு : ஆறு = சமயம். பழங்காலத்தில் தமிழகத்தில் நிலவிய ஆறுவகைத் தெய்வ வணக்கம் ஆகுபெயராய்க் குறித்தது. ஷஷ் என்ற சமஸ்கிருதப் பெயருக்கும் மதம் என்ற பொருள் உண்டு.

ஏழு : எழு-எழுவு-எழுவுதல் = இசைக் கருவியிலிருந்து ஒலி எழச் செய்தல். அவ்வாறு எழும் இன்னிசை ஏழு ஆதலால், இப் பெயர் அதற்கான எண்ணைக் குறிக்கலாயிற்று. சமஸ்கிருத 'சப்த'மும் இப் பொருள் குறித்ததே.

எட்டு : எல்லை, வரையறை இவற்றைக் குறிக்கும் எண்—ஏண் எனும் சொல், திசையெல்லை எட்டு ஆதலின் அந்த எண்ணுப்பெயரைக் குறித்தது. எட்டு—eight. எட்டு, அட்டு எனவும் திரியும்.

ஒன்பது : ஒன்பது என்று இப்போது நாம் வழங்கும் சொல், பழங்காலத்தில் **தொண்டு** என வழங்கப்பட்டது.

எண்	பழந்தமிழ்ப் பெயர்	தற்போதைய பெயர்
9	தொண்டு	ஒன்பது
9 0	தொண்பது	தொண்ணூறு
90 0	தொண்ணூறு	தொள்ளாயிரம்
900 0	தொள்ளாயிரம்	ஒன்பதாயிரம்

9ஐக் குறித்த 'தொண்டு' வழக்கத்தில் இருந்து எப்படியோ மறைந்தவுடன், பத்தாம் இடப் பெயரான தொண்பது, ஒன்பது என ஆகி ஒன்றாம் இடத்துக்கு இறங்கியது. பின் 90—தொண்ணூறு எனவும், 900—தொள்ளாயிரம் எனவும் 9000 —'ஒன்பது' என்ற அடைமொழியுடன் ஒன்பதாயிரம் எனவும் வழங்கலாயிற்று.

மாந்த உடம்பில் உள்ள தொளைகளின் (தொள்–தொளை) எண்ணிக்கையால், தொள்—தொண்டு எனக் குறிக்கப் பட்டது.

பத்து : 9-ன் மிகுதியாய் விளங்கியது **பல** என்ற பொருளில், **பல் + து = பஃது – பத்து** என வழங்கப்படுகிறது.

இவ்வாறே அடுத்தடுத்த எண்ணுப் பெயர்களுக்கும் வரலாறு உள்ளது.

1–3·2. சுழியின் சிறப்பு : எண் இடமுறையை (Positional number system) உலகுக்கு அளித்த இந்தியாவே, **சுன்னம்** எனப்படும் **சுழி**யையும் வழங்கியது. 43-க்கும் 4300-க்கும் வேறுபாடு காட்டுவது இந்தச் சுன்னம் அன்றோ? தமிழில் இருந்த சுன்னம், ஈறு திரியும் சமஸ்கிருத வழக்குக்கு ஒப்ப **சூன்யா** என மருவியது. 'வெறுமை' என்ற அதன் பொருள் அராபிய மொழியில் பெயர்க்கப்பட்டு **சைவர்**(sifr) எனக் கி.பி. 800 வாக்கில் நுழைந்தது. இது கி. பி. 1200-ல் இலத்தீனில் ஒலி பெயர்க்கப்பட்டது. இதிலிருந்தே **சைபர்** (cipher), **சீரோ** (zero) என்ற பெயர்கள் உருவாயின என்பர் மொழிநூல் அறிஞர்[1]. சைபர் அல்லது சீரோ என்பனவற்றுக்குப் பதிலாகச் '**சுன்னம்**' என்ற பழந்தமிழ் மூலப் பெயரையோ '**சுழி**' என்ற நறுந்தமிழ்க் காரணப் பெயரையோ வழங்குவது சிறப்புடையது.

1–4. பத்தின் மடங்குகள்

பல என்ற அடிப்படையில் பல் + து = பஃது – பத்து என்று பெயரிட்டதோடு மட்டும் அல்லாமல் பத்தை அடிப்படை எண்ணாகக் கொண்டு 'அடுக்கிய கோடி' அளவீட்டை உருவாக்கியவனும் பழந்தமிழனே ! ஐரோப்பிய நாட்டினர் இந்தியாவில் இருந்தே பதின முறையை அறிந்தனர் என மேல்நாட்டு ஆராய்ச்சியாளர்கள் தெரிவிக்கின்றனர்.

1 எனினும் 'சுழி' என்ற ஒலிப்பே தியூத்தானிய மொழிகளில் (teutonic languages) zero எல இ யு ம 'ழ' என்ற மெலண்ண வருடோனி அமமொழிகளில் r (ர-அன்று-ல)வுக்குச் சார்பாகப் பலுக்க உச்சரிக்க(h)ப்படும்.

1-4·1. தமிழ்ப் பதின எண்கள்

10^{0}	ஒன்று	1
10^{1}	கற்பம்	10
10^{2}	பத்து	100
10^{3}	நூறு	1 000
10^{4}	ஆயிரம்	10 000
10^{5}	பத்தாயிரம்	100 000
10^{6}	இலக்கம்	1 000 000
10^{7}	பத்திலக்கம்	10 000 000
10^{8}	கோடி	100 000 000
10^{9}	(அற்புதம்)	1 000 000 000
10^{10}	கணிகம்	10 000 000 000
10^{11}	கும்பம்	100 000 000 000
10^{12}	கணம்	1 000 000 000 000
10^{13}	நிகற்பம்	10 000 000 000 000
10^{14}	தாமரை	100 000 000 000 000
10^{15}	சங்கம்	1 000 000 000 000 000
10^{16}	வாரணம்	10 000 000 000 000 000
10^{17}	(அந்நியம்)	100 000 000 000 000 000
10^{18}	(மத்தியம்)	1 000 000 000 000 000 000
10^{19}	(பரார்த்தம்)	10 000 000 000 000 000 000
10^{20}	பூரியம்	100 000 000 000 000 000 000
10^{21}	பெருங்கற்பம்	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{24}	பரதம்	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{56}	வெள்ளம்	1-ன் பின் 56 சுன்னங்கள் கொண்டது.

குறிப்பு : அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுத் திட்டத்தின் ஒரு மரபு : எண்களைக் குறிக்குங்கால் காற்புள்ளி (,) இடாமல், பதினப் புள்ளிக்கு இருபுறமும் மூன்று மூன்று எண்களாக இடைவிட்டு எழுதுவதாகும். (எ-டு) 1 650 763. 732 419 8

இந்தப் பேரெண்களுடன்

'நெய்தலும் குவளையும் ஆம்பலும் சங்கமும்
மையில் கமலமும் வெள்ளமும்' (பரிபாடல் 2:13-14)

என்ற அடுக்கிய கோடிப் பேரெண்களில் **நெய்தல், குவளை, ஆம்பல்** எவற்றைக் குறிக்கின்றன என்பது புலப்படவில்லை. இவற்றுள் எவற்றை நீக்கிவிட்டு **அற்புதம், அங்கியம், மத்தியம், பரார்த்தம்** என்ற வடமொழிச் சொற்கள் இடம்பெற்றன என்பதும் தெளிவாகத் தெரியவில்லை.

'அடுக்கிய கோடி'ப் பெயர்களைக் குறிப்பிடும் கணக்கதிகாரத்தின் இரண்டு வெண்பாக்கள் ஆவன:

கோடி, உடன்**சங்கம்**, **விந்தம்**, குலம்**பதுமம்**,
நீடு **சமுத்திரம்**,ஏ நேர்இழையாய் – ஓடிவரும்
வெள்ளம், பிரளயம் யோசனை கற் பம்,விகற்பம்
கள்அவிழும் பூங்குழலாய் காண்.

மாகம்உம் தன்**மனை**யும் **அற்புதம்**உம் **உற்பலம்** உம்
ஏகம் அனந்தம்உடன் **வேணு**வாம் — தோகாய்
சலஞ்சலம்உம் **மந்தரை**யும் **தாரகை**யும் மேரு
வலம்புரிமின் பின்புலையோர் மாட்டு.

1-4·2. பின்ன எண்கள்: பழந்தமிழரின் எண்மான முறையைத் (10^0, 10^1, 10^2, 10^3, ...10^{n}) தலைகீழ்த்து 10^0, 10^{-1} 10^{-2}, 10^{-n} என இன்று பின்ன எண்களைக் குறிக்கக் கைக்கொள்கிறோம். இந்த எண்மான முறை எல்லா அறிவியல் ஆராய்ச்சிக்கும் மிகப் பொருத்தமாய் அமைவதைக் கருதும்போது, பழந்தமிழரின் நுண்மாணுழைபுலம் நம்மை வியப்பில் ஆழ்த்துகிறது.

எனினும் அடுக்கிய கோடிக்கு அளவிறந்த எண்மானங்களைக் கொண்ட தமிழர், ஒன்றுக்குக் கீழ்ப் பின்னமாக அமையும் எண்களைக் குறிக்கப் பயன்படுத்திய முறைமையாவது:

. 'ஒன்றை இரண்டாகப் பகுத்தது அரை ($\frac{1}{2}$); அரையை இரண்டாகப் பகுத்தது கால் ($\frac{1}{2} \div 2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$). ஒன்றை

இருபதாகப் பகுத்தது மா (= 1 / 20). 'மா'வினை நாலாகப் பகுத்தது $\left(\frac{1}{20} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{80}\right)$ காணி. காணியை நாலாகப் பகுத்தது முந்திரி $\left(\frac{1}{80} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{320}\right)$

ஒன்று	1	ஒன்று	1
அரை	$\frac{1}{2}$	மா	$\frac{1}{20}$
கால்	$\frac{1}{4}$	காணி	$\frac{1}{80}$
		முந்திரி	$\frac{1}{320}$

இவற்றை ஒன்றுடன் ஒன்று உறழ்ந்து பல வாய்பாடுகளாகக் கூறுவர்.

$10\frac{1}{2}$ இம்மி = 1 கீழ்முந்திரி
320 கீழ்முந்திரி = 1 முந்திரி
320 முந்திரி = 1

எனவே கீழ் முந்திரி $= \frac{1}{320 \times 320}$

$= \frac{1}{102 \times 400}$

2 முந்திரி	= அரைக்காணி	4 முந்திரி	= 1 காணி
2 அரைக்காணி	= 1 காணி	4 காணி	= 1 மா
4 காணி	= 1 மா	20 மா	= ஒன்று
5 மா	= 1 கால்		
4 கால்	= 1		
(அல்லது 20 மா)			

இதற்கான வெண்பா:

முந்திரி, அரைக்காணி, முன்னிரண்டு பின்னிரண்டாய்,
வந்ததோர் **காணி,** நால் **மா** ஆக்கி—ஒன்றோடு
நால்ஆக்கிக் **கால்**ஆக்கி நல்நுதலாய் **கால்**அதனை
நால்ஆக்கி **ஒன்று**ஆக நாட்டு.

எண்மானத்தில் 1ஐ 102 400 பாகம் ஆக்கிக் கணக்கிட்டதோடு பழந்தமிழர் அமையவில்லை; அவர்களது கணக்கீட்டு முறை 10^{-2} வரையிலான நுட்பத்தை உள்ளடக்கியிருந்தது.

1—4·3. கீழ்வாயிலக்கம்

நெடுக்கம் (range)	ஒன்றின் பாகம்	பெயர்	தொகை
10^{-21}	1/232 382 453 022 720 000 000 0	தேர்த்துகள்	6½ = 1 நுண்மணல்
10^{-20}	1/357 511 466 188 800 000 000	நுண்மணல்	100 = 1 (கீழ்) வெள்ளம்
10^{-18}	1/357 511 466 188 800 000 0	வெள்ளம்	60 = 1 குரல் (வளைப்பிடி)
10^{-16}	1/595 852 443 648 000 00	குரல் (வளைப்பிடி)	40 = 1 கதிர் (முனை)
10^{-15}	1/148 963 110 912 000 0	கதிர்முனை	20 = 1 சிந்தை
10^{-13}	1/744 815 554 560 00	சிந்தை	14 = 1 நாகவிந்தம்
10^{-12}	1/532 011 110 400 0	நாகவிந்தம்	17 = 1 விந்தம்
10^{-11}	1/312 947 712 000	விந்தம்	7 = 1 பாகம்
10^{-10}	1/447 068 160 00	பாகம்	6 = 1 பந்தம்
10^{-9}	1/745 113 600 0	பந்தம்	5 = 1 குணம்
10^{-9}	1/149 022 720 0	குணம்	9 = 1 அணு
10^{-8}	1/165 580 800	அணு	7 = 1 மும்மி
10^{-7}	1/236 544 00	மும்மி	11 = 1 இம்மி
10^{-6}	1/215 040 0	இம்மி	21 = 1 கீழ்முந்திரி
10^{-5}	1/102 400	கீழ்முந்திரி	320 = 1 முந்திரி
10^{-3}	1/320	முந்திரி	320 = 1
10^{-1}	1/80	காணி	4 = 1 மா
10^{-1}	1/20	மா	20 = 1

தொல்காப்பியர், 'மா' என்னும் அளவைக் குறிப்பிடுவதாலும் (குற்றியலுகரப் புணரியல்: 74); ஐ, அம், பல் (தாமரை, சங்கம், ஆம்பல்) என முடியும் பேரெண்ணுப் பெயர் ஈறுகளைச் சுட்டுவதாலும் (புள்ளி மயங்கியல் : 98)[1] இந்தக் கீழ்வாயிலக்க வாய்பாடும், அடுக்கிய கோடிப் பெயர்களும், தொல்காப்பியர் காலமான கி.மு. 7ஆம் நூற்றாண்டுக்கு முன்பே வழக்கில் இருந்தன என்பதை உய்த்துணரலாம்.

1ஐப் பலவாறாகப் பகுத்த இந்த எண்மான முறையை விட, பத்தின் மடங்குகளாய் அமையும் பழந்தமிழ் 'அடுக்கிய கோடி' எண்மான முறையை முற்றிலும் ஒப்ப, 1ஐப் பத்தின் மடங்குகளாய்ப் பகுக்கும் முறை அறிவியல் அளவீட்டுக்கு உகந்தது. இந்த முறையையே அறிவியல் உலகம் ஏற்றுக் கொண்டுள்ளது.

அளவீட்டுக்கு இந்தப் பதினமுறையை ஐரோப்பாவுக்கு அறிமுகப்படுத்தியவர் சைமன் ஸ்டீவின் (Simon Stevin, 1548—1620) என்பவர் ஆவார்.

1–5. S I எண்மான முன்னொட்டுகள் (S I prefixes)

அனைத்து நாட்டு அலகு திட்டத்தில், எந்த அலகும்—அது எவ்வளவு பெரியது ஆனாலும், அன்றி எவ்வளவு நுணுகியது ஆனாலும் அதற்குத் தகுந்த முன்னொட்டுடன் அந்த அலகு குறிக்கப்பட வேண்டும். சென்னைக்கும் திருச்சிராப்பள்ளிக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு 320 000 மீட்டர் என்று அடிப்படை அலகால் குறிப்பிடுவது பொருத்தமன்று. மாறாக, 320 கிலோ மீட்டர் என்று குறிப்பிடுவதே சாலச் சிறந்தது. அங்ஙனமே சிறு கம்பியின் விட்டம் 0.0001 மீட்டர் என்பதில் சிறப்பில்லை; 0.1 மில்லிமீட்டர் என்பதே தக்கது.

1 ஐஅம் பல்லென வருஉம் இறுதி
அல்பெய ரெண்ணும் ஆயியல் நிலையும்

முன்னொட்டு		குறியீடு	எண் மடங்கு	சார்பான தமிழ்ப் பெயர்
—	—	—	10^{24}	பரத(ம்)
—	—	—	10^{21}	பெருங்கற்ப(ம்)
—	—	—	10^{18}	நடுமை
—	—	—	10^{15}	சங்க(ம்)
டெரா	tera	T	10^{12}	கற்ப(ம்)
ஜிகா	giga	G	10^{9}	கணிக(ம்)
மெகா	mega	M	10^{6}	மகா
கிலோ	kilo	k	10^{3}	ஆயிர(ம்)
ஹெக்டோ	hecto	h	10^{2}	நூறு
—	—	da	10^{1}	பதின்
டெகா	deka, deca	—	10^{0}	—
டெசி	deci	d	10^{-1}	பஃதுண்
செண்டி	centi	c	10^{-2}	நூறு
மில்லி	milli	m	10^{-3}	அயிர்
மைக்ரோ	micro	μ	10^{-6}	இம்மி
நேனோ	nano	n	10^{-9}	குண(ம்)
பிக்கோ	pico	p	10^{-12}	நாகவிந்த(ம்)
பெம்டோ	femto	f	10^{-15}	கதிர்
ஆட்டோ	atto	a	10^{-18}	வெள்ள(ம்)
—	—	—	10^{-21}	தேர்த்துகள்

குறிப்புகள்

(1) தமிழில் குறிப்பிட்டுள்ள பெயர்கள், பட்டியல் நிறைவுக்காகத்தான் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ஆங்கில வழக்கையும் குறியீட்டையும் கையாளுவதே உலகத்தோடு ஒட்ட ஒழுகும் சீரிய முறை.

(2) 10^{15}, 10^{18}, 10^{21}, 10^{24}, 10^{-21} முதலானவற்றுக்கு S I-ல் தனிப் பெயர் கிடையாது.

(3) இந்தப் பட்டியலில் காணப்பெறும் ஹெக்டோ, டெகா, டெசி, சென்டி—என்ற முன்னொட்டுகள் S I முன்னொட்டுகளுள் அடங்கா; 'புறனடை' யுள் அமையும்.

ஏனெனில் $10^{\pm 3n}$ என ஆயிரத்தின் மடங்குகளாக அமைவனதாம் S I முன்னொட்டுகள் ஆகும்.

1-5·1. முன்னொட்டும் அலகும் : $10^{\pm 3n}$ நெறிக்கு ஒத்துவராத ஹெக்டோ (hecto — h = 10^2), டெக்கா (deka-da = 10^1), டெசி (deci — d = 10^{-1} = 0.1), சென்டி (centi — c = 10^{-2} = 0.01 என்ற முன்னொட்டுகளுடன் குறிக்கப் பெறும் அலகுகள் திட்டமில் அலகுகளாகவே (non system unit) கருதப்பெறும். இந்த முன்னொட்டுகளைப் பயன்படுத்துவது குற்றமாகக் கருதப்படுவதில்லையெனினும் $10^{\pm 3n}$ நெறிப்படி ஆன S I முன்னொட்டுகளைப் பயன்படுத்துவதே உகந்தது; விரும்பத்தக்கது; செம்மிக்கது; சீரானது ஆகும்.

முன்னொட்டுகள் அலகுகளுடன் இணையும் வகை

முன்னொட்டு		மடங்கு	குறியீடு	பின்வரு அலகு		மேற்கோள்
tera	டெரா	10^{12}	T	terajoule	டெராசௌல்	TJ
giga	ஜீகா	10^9	G	giganewton	ஜீகாநியூட்டன்	GN
mega	மெகா	10^6	M	megaohm	மெகா ஓம்	MΩ
kilo	கிலோ	10^3	k	kilohertz	கிலோ எர்ட்சு	kHz
×hecto	ஹெக்டோ	10^2	h	hectowatt	ஹெக்டோவாட்	hW
×deka	டெக்கா	10^1	da	decalitre	டெகா லிட்டர்	dali
×deci	டெசி	10^1	d	decimetre	டெசி மீட்டர்	dm
×centi	சென்டி	10^{-2}	c	centipoise	சென்டிபாய்ஸ்	cP
milli	மில்லி	10^{-3}	m	milliampere	மில்லிஆம்பியர்	mA
micro	மைக்ரோ	10^{-6}	μ	microvolt	மைக்ரோவோல்ட்	μv
nano	நேனோ	10^{-9}	n	nanosecond	நேனோ நொடி	ns
pico	பிக்கோ	0^{-12}	p	picofarad	பிக்கோபேரட்	pf
femto	பெம்டோ	10^{-15}	f	femtogram	பெம்டோகிராம்	fg
atto	ஆட்டோ	10^{-18}	a	attocouloms	ஆட்டோகூலும்	aC

×—திட்டத்தின் புறனடையுள் அமையும் முன்னொட்டுகள்

1–5·2. முன்னொட்டுகளின் சொல் வரலாறு : இந்த முன்னொட்டுகளின் சொல் வரலாற்றையும் தெரிந்து கொள்ளலாம் :

எண் மானம்	முன்னொட்டு	குறியீடு	மொழி	பொருள்	அடிக் குறிப்பு
10^{12}	டெரா (tera)	T	கிரேக்கம்	பேய்போன்ற	
10^{9}	ஜிகா (giga)	G	கிரேக்கம்	அரக்கனைப் போன்ற	
10^{6}	மெகா (mega)	M	தமிழ்—(கிரேக்கம்)	பெரிய	(1)
10^{3}	கிலோ (kilo)	k	கிரேக்கம்	ஆயிரம்	(2)
10^{2}	ஹெக்டோ (hecto)	h	,,	நூறு	(3)
10	டெக்கா (deka)	da	சமஸ்கிருதம் (கிரேக்கம்)	பத்து	(4)
10^{-1}	டெசி (deci)	d	சமஸ்கிருதம் (இலத்தீன்)	பத்து	(5)
10^{-2}	சென்டி (centi)	c	இலத்தீன்	நூறு	(6)
10^{-3}	மில்லி (milli)	m	இலத்தீன்	ஆயிரம்	(7)
10^{-6}	மைக்ரோ (micro)	μ	கிரேக்கம் (தமிழ்)	சிறு	(8)
10^{-9}	நேனோ (nano)	n	சமஸ்கிருதம் (கிரேக்கம்)	ஒன்பது (மிகச்சிறு)	(9)
10^{-12}	பிக்கோ (pico)	p	ஸ்பானியம்	மீச்சிறு	
10^{-15}	பெம்டோ (femto)	f	ஸ்கேண்டி நேவியம்	பதினைந்து	
10^{-18}	ஆட்டோ (atto)	a	தமிழ் (ஸ்கேண்டி நேவியம்)	பதினெட்டு	(10)

(1) **மா** (மகா) என்பது தமிழில் **பெரிய** என்று பொருள் படும். **மா, மகா** என்பன சமஸ்கிருதத்தில் **மகா** என்றும், அவ் வழியே கிரேக்கத்தில் mega என்றும் வழங்கப்பெறுகிறது.

(2) கிலோ (kilo) என்பது கிரேக்கத்தில் ‘chillioi’ என ஓர் ஆயிரத்தைக் குறிக்கும் – chillioi-kilo.

(3) கிரேக்கத்தில் 'Thekaton' என்றால் ஒரு நூறு. பிரெஞ்சு நாட்டினர் இதைக் குறுக்கி நூறைக் (10^2) குறிக்க 'hekto' என்றனர்.

(4), (5) கிரேக்கத்தில் 'deka' என்றால் பத்து; இலத்தீனில் decimus என்றால் பத்து. இவையிரண்டும் தசன் என்ற சமஸ்கிருத வேர்ச்சொல்லால் ஆனவை. deca, deci என்பவற்றை வேறு படுத்த மூலவடிவான 'deka' கைக்கொள்ளப்பெறுகிறது.

(6) இலத்தீனில் 'centum' என்பது ஒரு நூறைக் குறிக்கும். centi என்பது நூறைக் குறிக்கும் முன்னொட்டு. விலங்கியலில் வரும் centipede = நூற்றுக்காலி என்னும் தொடர் இதன் உண்மையை உணர்த்தும். எனினும் எண்மானத்தில் 'centi' என்ற முன்னொட்டு நூற்றில் ஒரு பாகத்தைக் குறிக்கப் பயன்படுகிறது.

(7) இவ்வாறே இலத்தீனில் 'mille' என்பது ஆயிரத்தைக் குறிக்கும்.

(8) 'micro' என்ற கிரேக்கச் சொல்லின் பொருள் சிறிய என்பதுதான். மை, குறு என்ற சொற்கள் சிறுமையைக் குறிக்கும். மைக்குறு = மிகச் சிறிய.

(9) நேனோ (nano) என்பதற்குக் கிரேக்கப் பொருள் மிகச் சிறிய என்று தரப்பட்டுள்ளது. எனினும் சமஸ்கிருதத்தில் நவன் என்பது 9-க்குரிய பெயர். இதுவே திரிந்து நேனோ என்று ஆகியிருக்கவேண்டும் என்பது இந் நூலாசிரியரின் துணிபு.

(10) அட்டோ என்பது ஸ்கேண்டிநேவியத்தில் பதினெட்டைக் குறிக்கும் சொல். தமிழ் எட்டு, அட்டு எனத் திரியும். எனவே பதினெட்டைக் குறிக்கும் அட்டு என்ற சொல்லின் மூல முதற்சொல் தமிழ் எட்டு என்பதே.

(தசன் (10), நவன் (9) என்பதன் சொல் மூலத்தை வடமொழி வரலாற்றுள் காண்க).

1-5·3. முன்னொட்டுகள் சேர்க்கப்பட்ட காலம் : கிலோ, ஹெக்டோ, டெகா என்ற கிரேக்கவழிச் சொற்களை மேல்வாய் முன்னொட்டுகளாகவும்; மில்லி, டெசி, சென்டி என்ற இலத்தீன்வழிச் சொற்களை முறையே கீழ்வாய் முன்னொட்டு களாகவும், பிரெஞ்சுப் புரட்சி அரசு 1795 ஏப்பிரலில் அறிவித்தது. அதன்பின்னர், ஏனைய முன்னொட்டுகள் அவ்வப் போது சேர்க்கப்பட்டு வந்தன. இறுதியாக 1964-ல் கூடிய 12ஆம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு பெம்டோ, ஆட்டோ என்ற முன்னொட்டுகளை இணைத்தது.

2. அளவீட்டுப் படித்தரங்கள்
(STANDARDS OF MEASUREMENT)

அளவீட்டின் இன்றியமையாமை

அளவீடுகளைப்பற்றி அறியாத ஓர் உலகத்தைக் கற்பனை செய்வதும் கடினமே! அளவீட்டைப்பற்றி மாந்தன் நினைக்கத் தொடங்கியதே, அவனது நாகரிக வளர்ச்சியின் தொடக்கமாக அமையும், தொடக்கத்தில் தனது உடல் உறுப்புகளையும், தான் இயற்கையில் கண்ட பொருள்களையும், நிகழ்ச்சிகளையும் அளவீட்டுப் படித்தரங்களாக மாந்தன் கையாண்டிருப்பான்.

நூற்றைம்பது அல்லது இருநூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் மாந்தனுக்குத் தேவையான அளவீட்டுப் படித்தரங்கள் ஐந்தே ஐந்துதாம். நீளம், பருமம், 'எடை,' நேரம், கோணம் என்ற ஐந்து அளவுகளே அவனுக்குப் போதுமானவையாக இருந்தன. ஆனால் இன்றோ வெப்பநிலை, ஒளிச்செறிவு, நிறச் செறிவு, ஒலிச்செறிவு, மின்னோட்டம், 'புதிர்க்கதிர்' அளவு (X-ray dosage), அணுக்கருக் கதிர்ப்பு (nuclear radiation) போன்ற எத்தனையோ கணக்கற்ற கணிசங்களை அளக்கவேண்டியுள்ளது. அம்மட்டோ? ஒரு தன்னியங்கியை (automobile), ஒரு வானொலி அல்லது தொலைக்காட்சிப் (television) பெட்டியை உருவாக்க எத்தனை வகையான வெவ்வேறு அளவுகளையும், அளவுத்திட்டங்களையும் மேற்கொள்ள வேண்டியிருக்கிறது. இப்படியிருக்க, நிலாவில் மாந்தன் இறங்கி, மீண்டு வருவதற்கான ஊர்திகளின் (space-crafts) மற்றும் உந்திகளின் பல்லாயிரக் கணக்கான உறுப்புகள் ஒவ்வொன்றும் எவ்வளவு அதிநுட்பமாகச் செய்து. அளவிட்டு, அமைக்கப்பெற்றிருக்க வேண்டும். இலக்கக் கணக்கான கிலோமீட்டர் தொலைவில் தொடர்ந்து நிலைமாறிக் கொண்டே யிருக்கின்ற நிலாவுக்கும், பூமிக்கும் இடையில், ஒன்று மில்லா வானவெளியில், நிலாக்கூண்டு (lunar module) தாய்க் கூண்டில் இருந்து பிரிந்து, நிலாவில் இறங்கி, பின்னர் மீண்டு, தாய்க்கூட்டுடன் கனகச்சிதமாக ஒட்டி, ஒருங்கிணைந்து, ஒன் றாகப் பூமிக்குத் திரும்பி வருவதற்குரிய கருவியுறுப்புகளும், கணிப்

புறுப்புகளும் எவ்வளவு துல்லியமாக உருவாக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்! குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஒரு நொடி தவறினாலும் கூட பூமியின் நிலை ஓரிடமும் நிலாவின் நிலை வேறிடமும் ஆக ஆகிவிடு மல்லவா! எனவே, இன்றைய மாந்தன் அளவீட்டின் இன்றி யமையாமையைத் தெளிவாக உணர்ந்திருக்கின்றான்.

எனினும், 15ஆம் நூற்றாண்டு வரை அறிவியல் அறிஞர்கள் கூட அளவீட்டின் இன்றியமையாமையை உணரவில்லை. அள வீட்டு நுட்பம் வானியலாருக்கு (astronomers) மட்டுமே உரிமை யுடையதாய் விளங்கியது! ஏனைய இயற்கை அறிவியலார் அள வீட்டைப் பற்றிச் சிறிதும் கவலைப்படவில்லை.

பதினாறாம் நூற்றாண்டில், கலீலியோவினால் (1564-1642) **செயல்முறை அறிவியல்** முகிழ்க்கத் தொடங்கிய காலத்தில்தான் அளவீட்டின் இன்றியமையாமை உணரப்பட்டது. **இயற்கை விளைவுகளைக் கற்றறியும் இன்றியமையாப் பகுதி அறிவியல்** எனக் கலீலியோவின் ஆய்வுகள் உணர்த்தின. செயல்முறை அறிவியல் முடிவுகளை ஒத்துப் பார்க்கவும், கருத்துகளைப் பரி மாறிக் கொள்ளவும், ஒருங்கியைந்த, பொதுவான, சரியாய் வரையறுக்கப்பட்ட அளவுத்திட்டம் தேவையென இயற்கை அறிவியலாளர்கள் கருதினர்.

இக் கருத்துப் புரட்சி, பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் தன்னுரி மையோடு விளங்கிய எல்லா ஐரோப்பிய நாடுகளிலும் தலைதூக் கியது. 'கில்லட்டட'னில் கொல்லப்பட்ட பிரெஞ்சுப் பேரரசர், உலகம் முழுவதற்கும் பயன்படும் ஓரே அளவுத்திட்டத்தை உரு வாக்கும் வழிமுறையைக் காண்பதற்காக ஓர் அறிஞர் குழுவை அமைத்திருந்தார். மேலும் இம்முயற்சியில் பங்கு கொள்ளுமாறு பல்வேறு நாடுகளின் அறிஞர்களையும் அழைத்திருந்தார்.

பிரெஞ்சுப் புரட்சியின் (1789—1792) பின் ஆட்சிக்கட்டிலில் அமர்ந்தவர்கள், பிரான்சு நாட்டின் ஒவ்வோர் இடத்திலும் வெவ்வேறு மதிப்புள்ள அளவு, எடையீடுகளால் நிலவிய குழப் பத்தை ஒழித்து, அளவீட்டை ஒருமைப்படுத்த முனைந்தனர். எனவே அதற்கான பணியில் உடனே ஈடுபட்டனர். கலகம் பிறந்து இதற்கோர் வழி பிறந்தது போலும்!

அளவீட்டு முறைகளையும், அவற்றுக்கான படித்தரங்களை யும் உருவாக்குவதில் அக்காலத்தில் சிறந்து விளங்கிய பிரெஞ்சு தேசத்து அறிஞர்களான போர்தா (Borda), கொண்டார்செட்

(Condorcet), லேப்லேஸ் (Laplace), லேக்ராஞ்சி (Lagrange), மாங்கே (Monge), காசினி (Cassini), மெக்கெய்ம் (Mechaim), திலாம்பர் (Delambre), லவாய்சியர் (Lavoisier) ஹேவி (Havy), பிரிசன் (Brisson), வாண்டர் மாண்டே (Vander Mande) ஆகியோர் ஈடுபட்டனர். இவ்வாறு உருவாகியதே 'மெட்ரிக்' அளவுத் திட்டம். மெட்ரிக் என்றாலே 'அளவீடு' என்றுதான் பொருள்.

இந்த மெட்ரிக் திட்டத்தை மேற்கொள்ளுவதற்கு முன்னர், ஒவ்வொரு நாட்டிலும் வெவ்வேறு அளவுத்திட்டங்கள் விளங்கி வந்தன. ஒரு நாட்டுக்குள்ளேயே பல்வேறு வகையான அளவுத் திட்டங்களும், ஒரே பெயரால் வெவ்வேறு வகையான அலகுகளும் வழக்கில் இருந்தன. இந்தியாவில் மட்டும் வெவ்வேறு மதிப்பும் ஒரே பெயரும் கொண்ட நூறு வெவ்வேறு நிறைப் படித்தரங்கள் வழங்கி வந்தன.

மேலை நாடுகளிலும் தவசமணி (Grain), அவுன்சு (Ounce), பவுண்டு அவாய்ர்டுபாய்ஸ் (Pound avoirdupois), டிராய் பவுண்டு (Troy pound), கல்லெடை (Stone), டன் (Ton) போன்ற பல்வேறு நிறையலகுகள் நடைமுறையில் இருந்தன.

ஆக, கணக்கற்ற அலகுகளை ஒருமுகப்படுத்தி, அவற்றைக் குறிப்பிட்ட சில அலகுகளைக் கொண்டு அளந்தால்தான் அளவீடு எளிதாகும். அத்தகைய அளவீடுகளை மேற்கொண்டால்தான் அறிவியலும். வணிகமும்—ஏன் அனைத்தியலும் வளர்ந்து ஓங்கிச் சிறப்புறும். இதற்கு அந்தந்த அலகுகளை வரையறுக்கும் படித்தரங்கள் இன்றியமையாதன.

2·1. நீளம்

நீளத்தைப் பற்றிய நினைப்பு: குகையில் வாழ்ந்த மாந்தன் குறுக்கும் நெடுக்குமாகக் குகைக்குள் நடக்கையில் ஓர் ஓரத்தில் இருந்து மறு ஓரத்துக்கு நடக்க எத்தனை அடிகள் தேவை என்பதைக் கணக்கிட்டிருக்கலாம். குகையின் நீளத்தை அளக்க, தனது பாத இடைவெளி (pace) யைத்தான் பயன்படுத்தியிருக்க இயலும். பின்னர் பாதத்தையே ஒன்றுக்கடுத்து மற்றொன்றாக் கலாம். குகையின் நீளம் **27 பாதவடிகள்** என்றால் இதில் **படித்தர அலகு பாதவடி.** அளக்கப்படுவது குகையின் **நீளம்.** அலகின் எண் மதிப்பு 27. இவ்வாறே கையைப் பரப்பும் போது கட்டை விரலுக்கும் சுண்டு விரலுக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு ஓர் அலகாகப் பயன்பட்டது. இது,

'சாண்' எனப்படும். மாந்தன் ஒருவனின் உயரத்தைப் படித்தர அலகாகக் கொண்டால், சாண்-ஐ அதன் சிற்றலகாக—மீட்டருக்கு டெசிமீட்டரைப் போல் கொள்ளலாம்.

2·1.1. தமிழக நீட்டலளவை

எடுத்தவுடன் அளக்கப் பயன்படும் கை **முழம்** நீளத்தின் அடிப்படை அலகாக எங்கும் கைக்கொள்ளப்பட்டது. அன்றாடம் பயன்படுகிற தவச (தானிய) மணிகள் சிற்றலகுகளை வரையறுக்க உதவின. அளவீட்டைப் பற்றிய அறிவு வளர்ச்சியடைந்த பின் பேரளவு நீளத்தையும், சிற்றளவு நீளத்தையும் அளக்கத்தக்க வாய்பாடு தேவையாயிற்று. பழந்தமிழகத்தின் நீட்டலளவை வாய்பாடாவது :

8 அணு	=	1 கதிர்த்துகள்
8 கதிர்த்துகள்	=	1 பஞ்சிழை
8 பஞ்சிழை	=	1 மயிர் (முனை)
8 மயிர்	=	1 நுண்மணல்
8 நுண்மணல்	=	1 கடுகு (எள்)
8 கடுகு	=	1 நெல்
8 நெல்	=	1 பெருவிரல்
12 பெருவிரல்	=	1 சாண்
2 சாண்	=	1 முழம்
4 முழம்	=	1 கோல்
500 கோல்	=	1 கூப்பீடு
4 கூப்பீடு	=	1 காதம்
4 காதம்	=	1 யோசனை

இதன் பகுதியைக் குறிக்கும் வெண்பா:

வைஅணு, தூள்பஞ்சு மயிர்முனை நுண்மணல்
ஐஎள்ளு நெல்லுடனே அவ்விரல்ஆம்—பெய்வளையாய்
எட்டின் வழியெல்லாம் ஏற்றியே அவ்விரலின்
சட்டமதாம் பன்னிரண்டு சாண்.

(கணக்கதிகாரம் : 12)

இவ் வாய்பாட்டில் எள்ளுக்குப் பதில் கடுகு போன்ற அலகு பெயர்களும், 12 முழம் = 1 சிறுகோல் போன்ற சிற்சில மாறு பாட்டு வாய்பாடுகளும் வழக்கத்தில் இருந்து வந்தன. **'எண் சாண் உடம்பு' என்பதில் எட்டு அடிப்படை எண்ணாக இருப்பதை அறிந்து, அதே எண்ணை அடிப்படை யெண்-ஆகப் பயன்படுத் தினர் போலும் !**

இதில் குறிப்பிட்டுள்ள கடுகு, நெல் போன்ற தவசமணி களும் பெருவிரல், சாண், முழம் போன்ற மாந்த உடல் உறுப்பு களும் அவ்வவற்றுக்குத்தக மாறுபடக் கூடியனவே. எனினும் ஒரு தொகைச் சராசரியை இந்த அலகுகளின் மதிப்புகளாக மேற்கொண்டிருக்கலாம்.

இங்கிலாந்தில் 700 ஆண்டுகளுக்கு முன்னர், அடி (foot) என்பதற்கு அளிக்கப்பட்ட இலக்கணத்தை நோக்கும்போது, 2000 ஆண்டுகளுக்கு முந்திய இந்த அலகுகளில் வேடிக்கை ஒன்றும் இல்லை.

அடியின் இலக்கணம் ஆவது : 'உலர்ந்த, உருண்டையான மூன்று வாற்கோதுமை மணிகளை(barley grains)முனைக்குமுனை தொடுமாறு வைத்தால் ஓர் அங்குலம். இத்தகைய 12 அங் குலமே சட்டப்படியான அடியை உருவாக்கும் என்று கட்டளை யிடப்படுகிறது.'

400 ஆண்டுகளுக்கு முன்னர்க் கொடுக்கப்பட்ட இலக்கணம் : 'ஞாயிற்றுக்கிழமை மாதாகோவிலின் வாசலில் நில். வழிபாடு முடிந்து வாசலைக் கடக்கும் நெட்டையும், குட்டையும் ஆன எவ ராவது பதினாறுபேரை நிறுத்து. பதினாறு பேரையும் ஒருவர் பின் ஒருவராகவும், ஒருவரின் பாதம் அடுத்தவரின் பாதத்தைத் தொடுமாறும் வரிசையாய் நிற்கச்செய். இந்தப் பதினாறு பாதங் களின் மொத்த நீளம் சட்டப்படியான ரூடு (rood); இதில் பதினா றில் ஒரு பங்கே சட்டப்படியான அடி (foot).'

மைல் : உரோமாபுரிப் போர்வீரன் ஒருவனின் நடையடி (step) $2\frac{1}{2}$ அடி. இரண்டு நடையடி ஓர் 'எட்டு' (pace). இது போல் ஆயிரம் 'எட்டு'க் கொண்டது இலத்தீனில் (mille passum) எனப்பட்டது. இதன் சுருக்கமே மைல் (mile).

1 mille passum $= 2 \times 2\frac{1}{2} \times 1000$ அடி $= 5000$ அடி. எனி னும் தற்போதைய மைல்-2-க்கு 5280 அடிகள்.

இவையும், இங்குக் குறிப்பிட்ட பழந்தமிழ்நாட்டு அளவு அலகுகள் அனைத்தும் இயற்கையோடு இயைந்தனவே, 'அணு அளவு', 'மயிரிழையில் உயிர்தப்பினான்', 'கடுகத்துணை', 'விரற் கடையளவு', 'எண்சாண் உடம்பு', 'ஒரு முழம் கயிறு', 'கைநீள முழம் அளந்தான்', 'சாண் ஏறி முழம் சறுக்கல்', 'கூப்பிடு தூரம்', 'மாதம்போம் காதவழி' என இயல்பாக வழக்கில்

உள்ள சொற்களே நீளத்தின் அலகுகளாகப் பயன்பட்டு வந்தன. எனவேதான் மூவாயிரம் ஆண்டுகளுக்குப் பின்னரும் தற்போது கூட இவை வழக்கத்தில் உள்ளன.

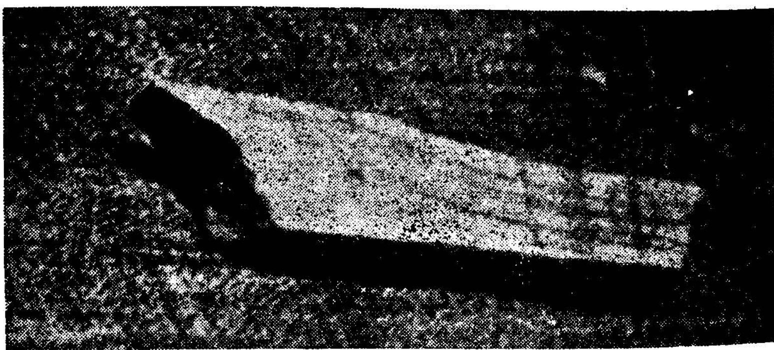
இவை யாவும் பழங்காலத்து அளவீடுகள். இனி, பழங்கால நீளப் படித்தரங்களை அறியலாம்.

2·1.2. நீள அலகின் படித்தரம் (Standard for the unit of length)

பழந்தமிழ்நாட்டில் நீளத்தின் படித்தரம் 'முழம்' ஆக இருந்தது. கைகளை அகலவிரித்து நீட்டினால் இரண்டு கைமுனைகளுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு 8 சாண்; இது ஒரு **பாகம்** எனப்பட்டது. எனினும் இந்த அலகுகள் எல்லாம் ஆளுக்கு ஆள் மாறக்கூடியன. எனவே மாறாத படித்தர அலகு ஒன்று இன்றியமையாதது.

2·1.3. இந்தியாவின் முதல் நீளப்படித்தரம்

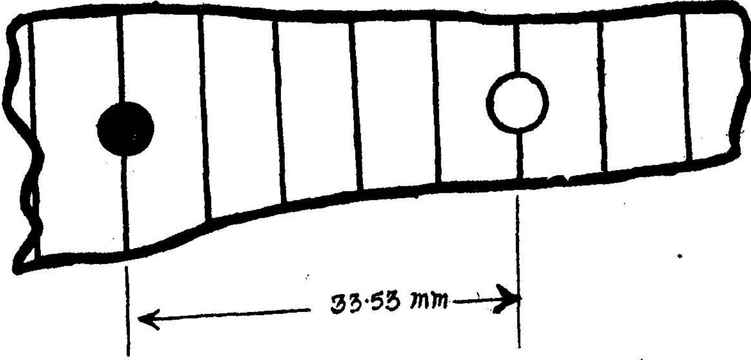
நாலாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் (கி.மு. 3000 = கி.மு. 1500) பொலிந்து விளங்கிய சிந்து சமவெளித் தமிழ்மக்கள் ஒருங்கமைந்த அளவீட்டுத் திட்டங்களைக் கையாண்டனர்



படம் 1. இந்தியாவின் முதல் நீளப்படித்தரம்

என்பது எல்லோருக்கும் வியப்பளிக்கக்கூடிய செய்தியே. அம் மட்டுமன்றி அவர்கள் தமது நீளஅலகுப் படித்தரத்தைப் பத்து உட்பிரிவாக - அஃதாவது பத்துப் பாகமாகப் பகுத்திருந்தனர். இதுவே இன்றைய பதினமுறையின் தொடக்கமாக இருக்கக்

கூடும். (தமிழரின் பேரெண்மான முறையும் பத்துப்பத்தாக உயர்வது இங்குக் கருதத் தக்கது.)



படம் 2. படித்தரத்தின் கோட்டுப்படம்

2·1.4. எகிப்தின் நீளப்படித்தரம்

வரலாற்றுக்கு முந்திய பழங்காலத்திலேயே எகிப்திய தேசத்தில் நீள அலகுக்கான படித்தரம் நடைமுறையில் இருந்ததை அந்த நாட்டின் பிரமிடுகளுள் உள்ள பழம்பொருள்கள் உணர்த்துகின்றன. மூன்றாம் பேரரசில் (3rd dynasty) எகிப்தின் நீளப் படித்தரம் முழம் ஆகும். இதன் நீளம் 524 மில்லிமீட்டர். இதைப்போன்ற பல படித்தரங்கள் தற்போது காணக் கிடைத்துள்ளன. இவ்வாறே தொன்மையான நாகரிக நாடுகளில் எல்லாம் நீள அலகுக்கான தனித்தனிப் படித்தரங்கள் வழங்கி வந்தன.[1]

2·1.5. தமிழ்நாட்டின் இடைக்கால நீளப் படித்தரம்

உலகளந்த கோல்

முதல் இராசராசசோழன் (ஆட்சியாண்டு 985-1014) தனது ஆட்சிக்குட்பட்ட நாட்டு நிலங்களை அளந்து ஒழுங்குபடுத்த நீள அலகுப் படித்தரம் ஒன்றைப் பயன்படுத்தினான். பதினாறு சாண் நீளமுள்ள ஒருகோல் நீள அலகின் படித்தரமாக விளங்கியது. இந்தக் கோலுக்கு 'உலகளந்தகோல்' என்று பெயர். இந்தக் கோலின் உதவியால் சோழநாடு முழுவதும் இரண்டு ஆண்டுகளில் அளந்து ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டது.[2]

1 2.1.4 : விரிவாக அறிய விரும்புவோர் 'Encyclopaedia Britanica : Weights and Measures, ancient' என்ற தலைப்பில் காண்க.

2 2.1.5. South Indian Inscription Vol. VIII No. 222,223.

இவற்றை இத்தோடு நிறுத்திக்கொண்டு, அறிவியல் வயப் பட்ட நீள அலகுப் படித்தரத்தை அறிய முற்படுவோம்.

2·1.6. நீள அலகுப் படித்தரப் பரிந்துரைகள்

(1) நீள அலகுப் படித்தரத்தை முதன்முதல் பரிந்துரைத் தவர் பிரான் நாட்டில் லையான் (Lyons) என்ற ஊரில் உள்ள புனிதபால் திருக்கோயிலின் தலைவர் ஆன கேபிரியல் மவுட்டன் (Gabriel Mouton) என்பார். இவர், 'பூமிவட்டத்தின் ஒரு நிமைய (minute)[3] வட்டவில்லை' நீள அலகின் படித்தரம் ஆகக் கொள்ளலாம் என 1670-ல் முன்னுரைத்தார். இதை அடிப் படையாகக் கொண்ட பதினமுறை அளவீட்டையும் உருவாக் கினார்.

(2) 1671-ல் சீன் பிக்கார்டு (Jean Piccard), 'பூமியின் 45 பாகைக் குறுக்கை வரியில் (latitude), கடல் மட்டத்தில், அலைவு நேரம் ஒரு நொடி எனக் கொண்ட ஊசலின் நீளத்தை, நீளத்தின் படித்தர அலகாகக் கொள்ளலாம்' என்று பரிந்துரைத்தார். இப் பரிந்துரை தாமஸ் செபர்சன் (Thomas Jefferson) உள்ளிட்ட பலராலும் பெரிதும் ஆதரிக்கப்பட்டது.

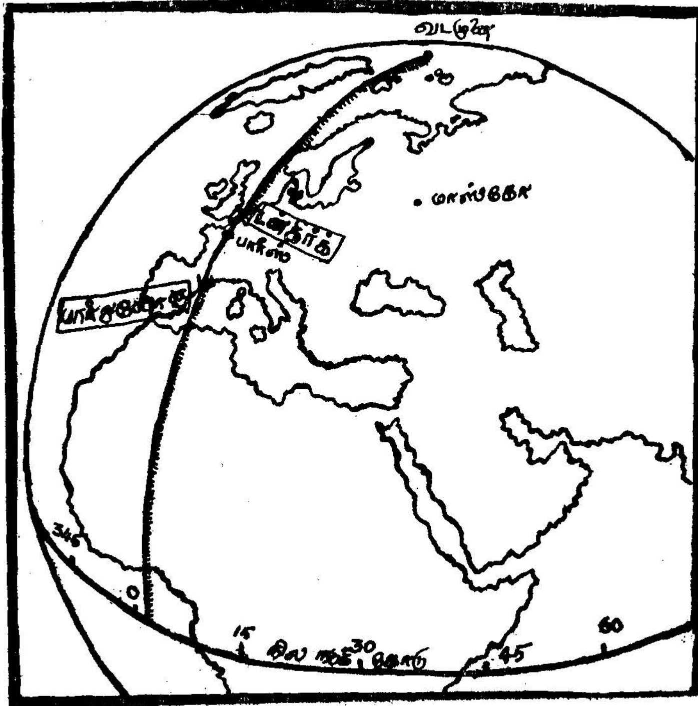
எனினும் அளவீட்டுக்காக பிரெஞ்சுத் தேசியப் பேரவை (French National Assembly) பாரிசில் 1790-ல் நிறுவிய குழுவால் இப் பரிந்துரைகள் 'போதுமான நுட்பம் வாய்ந்தனவல்ல' எனத் தள்ளுபடியாயின. ஆயினும் பூமியின் நில நடுக்கோட்டில் இருந்து வடமுனை வரையில் உள்ள கால் வட்டத்தில் கோடியில் ஒரு பங்கு (10^{-7}) நீளத்தை நீள அலகின் படித்தரம் ஆகக் கொள்ள லாம் என்ற பரிந்துரை மேற்கொள்ளப்பட்டது. இதனைப் பரிந் துரைத்தவர்கள் பூதவியல் அறிஞர் போர்தா, கணக்கியல் அறிஞர் லேக்ரான்சி (Lagrange), இயைபியல் மேதை லவாய்சியர் ஆகிய மூவர் ஆவர்.

2·1.7. பார்சலோனா-டன்கிர்க் நீளம்

நில நெடுக்குக் கோட்டு நீள அலகுப் பரிந்துரை 1791ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் 30ஆம் பக்கல் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டு, இதற்கான அலகு மதிப்பை வரையறுக்கும் பணி தொடங்கியது. புகழ் பெற்ற வானியலார் ஆன் சீன் பேப்டிஸ்ட் சோசப் டிலாம்பர் (Jean Baptiste Joseph Delambre, 1749-1822) என்பார்

[3] 2,1,6. (1) நிமையம் - minute (நிமிஷம்). நிமையம், நிமிஷம் ஆயிற்று.

தலைமையில் நில அளவைக் குழு ஒன்று இப்பணியை 1792-ல் தொடங்கி 1799-ல் முடித்தது. நில நெடுக்கு வரித்தளத்தில் பிரெஞ்சு நாட்டின் டன்கிற்கி (Dunkirque) என்ற இடத்துக்கும், ஸ்பெயின் நாட்டின் பார்சலோனாவுக்கு (Barcelona) அருகில் உள்ள மான்ட்-சுவாய் (Mont-Juoy) என்ற இடத்துக்கும் இடையில் உள்ள நேர்த்தொலைவு, மிகுந்த கடின உழைப்போடு, மிக்க



படம் 3. பார்சலோனா டன்கிர்க் நீளம்

கவனமாக அளக்கப்பட்டது.[4] 45 பாகைக் குறுக்கை வரியில் கடல் மட்டத்தில் பார்சலோனா-டன்கிற்கிக்கான இடைத்தொலைவை பத்துலக்கத்தால் வகுக்கக் கிடைத்த நீள அளவு **மெய்யான அறுதியான மீட்டர்** (metre vrai et difinitif) என 1799:12:10-ல் (அஃதாவது 10-12-1799) அறிவிக்கப்பட்டது. பார்சலோனா - டன்கிற்கிக்கான இடைத்தொலைவு வடமுனை

4 2.1.7. பின்னர் இந்த அளவைப் பணியைப் பற்றிய விளக்கத்தை, திலாம்பர் 'Base du systeme metrique' என்ற தலைப்பில் 3 தொகுதிகளாக 1806, 1807, 1810) வெளியிட்டமையே இப் பணியின் அருமுயற்சியைப் புலப்படுத்தும்.

யையும் நண்ணிலக் கோட்டையும் (equator) இணைக்கும் காற் பரிதியில் பத்தில் ஒரு பாகம். எனவே **மீட்டர்** என்பது நில நெடுக்குக் காற்பரிதியில் கோடியில் ஒரு பாகம் என்பது வெளிப் படை. வானியில் அளவீடுகளும் இதனை உறுதிப்படுத்தின. பல குழுக்களும் இம்முடிபை ஆராய்ந்து சரிபார்த்தன. இவ்வளவு கவனத்துடன் ஆய்ந்து வரையறுத்த மீட்டரைக் கொண்டு பார்சலோனா - டன்கிற்கி இடைத்தொலைவை அளந்த போது அது 1075 039 மீட்டராக விளங்கியது. இதற்காகக் கண்டவர்கள் எல்லாம் திலாம்பரைக் குறை கூறினர். எனினும் நில நடுக்கோடு-முனைத் தொலைவில் சரியாகக் கோடியில் ஒரு பாகம் ஆக மீட்டரை வரையறுக்கத் தேவையில்லை என்று கருதி திலாம்பர் கணித்துக் கொடுத்த அளவையே மீட்டராகக் கொண்டனர்.

இதற்கிடையில் 1775 : 06 : 09 அன்று தாற்காலிக மீட்டர் ஒன்று வரையறுக்கப்பட்டிருந்தது.

2·1.8. மீட்டரின் சொல் வரலாறு

உலக முதற் செம்மொழியில் **'மா'** என்பது அளவைக் குறிக் கும் சொல். **மாத்தல்** என்றால் அளத்தல், **மாத்திரை** என்றால் அளவிட்ட பொருள் (மருந்து, கண் இமைக்கும் கால அளவு போன்றவை). இந்த **மாத்திரை** Sanskrit **மாத்ரா**, Greek **metron**, Latin **metre**, French **metre**, English **meter**, **metre**, **measure** எனப் பல்வேறு மொழிகளிலும் **அளத்தல்** என்ற பொருளில் வழங்கி வருகிறது என்பர், மொழி நூல் மூதறிஞர். மூல முதல் அளவையான நீளத்துக்கு அளத்தல் என்று பொருள் படும் metre ஆகுபெயர் ஆயிற்று. இதனால்தான் மீட்டர் தமிழில் **மாத்திரி** என வழங்கப்பட்டது. எனினும் அறிவியல் உலகப் பொதுச் சொல்லான metre-ஐ நாம் **மீட்டர்** என்றே வழங்கு வோம். கருவிப் பெயரான meter, **மாணி** என்னும் தமிழ்ப் பெய ரால் வழங்கப்படட்டும்.

2·1.9. நீளத்தின் வழியில் நிறை

நீள அலகினை வரையறுத்தாயிற்று. இந்த மீட்டரில் பத்தில் ஒரு பாகம் **டெசிமீட்டர்**. 1 டெசிமீட்டர் (dm) நீளம், 1 dm அகலம், 1 dm ஆழம் கொண்ட-அஃதாவது 1 கன டெசி மீட்டர் கொண்மை (capacity) யுள்ள ஓர் ஏனம் நிறைய நிரப்பப்படும் தூய நீரின் உச்ச நிறை 1 கிலோ கிராம் (Kilogram) எனப்பட்டது. இதுவே நிறையின் படித்தர அலகு. பழைய இலத்தீன், பிரெஞ்சு மற்றும் கிரேக்க மொழிகளில் நிறையைக் குறிக்கும் லிட்ரா

(litra = a pound) என்ற சொல்லால், மேற்குறித்த 1 கன-டெசி மீட்டர்க் கொண்மை, லிட்டர் (litre) என வழங்கப்பட்டது.

பூமியின் நெடுவரித்தளத்தில் இருந்து நீள அலகுப் படித் தரத்தை உருவாக்கியதற்குக் கரணியமே, படித்தரம் எங்கும், எப்போதும் எளிதாய் அளந்து ஒப்பிட்டுச் சரி பார்த்துக் கொள் வதற்காகத்தான். எனினும் இரண்டு மீட்டர்க் கோல்களை எளிதாக ஒப்பிடமுடிந்தது. ஆனால் ஒரு மீட்டர்க்கோலை மூலமுதலான நில நெடுவரித்தளத்துடன் ஒப்பிடுவது என்பது இயலுமா, என்ன ? இவ்வாறே ஒரு லிட்டர் உச்ச அடர்த்தி நீரை நிறுத்துக் கிலோகிராம் என எல்லா நாடுகளிலும் கைக் கொள்வதைவிட ஒரு திண்ணிய கிலோகிராம் உருளைக்குப் படி எடுப்பது எளிதாக இருந்தது.

2·1.10 அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயம் (International Bureau of Weights and Measures)

இந்தத் தொல்லைகளை நீக்கி, ஒருங்கிணைந்த அளவீட்டுத் திட்டப் படித்தரங்களை உருவாக்குவதற்காக ஒரு கூட்டத்தைப் பிரெஞ்சு அரசு 1870ஆம் ஆண்டு கூட்டியது. இதன்வழி, 1875 மே 20ஆம் பக்கல் 'மீட்டர் ஒப்பந்தம்'(Treaty of the metre) என்ற பன்னாட்டினர் ஒப்பந்தம் ஒன்று பாரிசில் கையெழுத்தாயிற்று. இந்த ஒப்பந்தப்படி, **அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயம்** (International Bureau of Weights and Measures) ஒன்று ஏற்படுத் தப்பட்டது. இந்நிறுவனம் மெட்ரிக் முறையின் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஒருமைக்கும் வளர்ச்சிக்கும் உகந்த ஏற்பாடுகள் எல்லா வற்றையும் மேற்கொள்ளும். அளவீட்டு மூலப் படித்தரங்களைப் பாதுகாப்பது, உறுப்பு நாடுகளுக்கு படித்தரங்களின் படியுருக் களை (copies) அளிப்பது,அளவீட்டில் அப்போதைக்கப்போது எழும் சிக்கல்களை நீக்குவது, தொடர்ந்த ஆராய்ச்சியின் மூலம் மேம்பட்ட படித்தரங்களை உருவாக்குவது போன்ற பணிகளை இந்த ஆயம் கைக்கொள்ளும். பாரிசின் புறநகரான சேவ்ரே (Sevres) என்னும் பன்னாட்டுப் பகுதியில் இந்நிறுவனம் அதற்குரிய ஆய்வுக் கூடத்துடன் அமைக்கப் பெற்றது. இந் நிறுவனத்தின் சார்பில் அனைத்து நாடுகளின் **அளவீட்டுப் பொது மாநாடு** (General Conference on Weights and Measures—GCPM) அப் போதைக்கப்போது கூடி எல்லாச் சிக்கல்களையும் புதிர்களையும் ஆய்ந்து தக்க தீர்வுகளை வரையறுக்கும்.

2·1.11. மீட்டர் வரையறை

மீட்டர் ஒப்பந்தப்படி அமைத்த சிறப்புக் குழுக்கள் மீட்டர், கிலோகிராம் ஆகியவற்றுக்கான படித்தரங்களை உருவாக்கத்

தொடங்கின. பதினைந்து ஆண்டு ஆய்வுக்குப் பின் 1889-ல் கூடிய முதல் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு ஒப்புக்கொண்ட மீட்டரின் இலக்கணம் ஆவது :

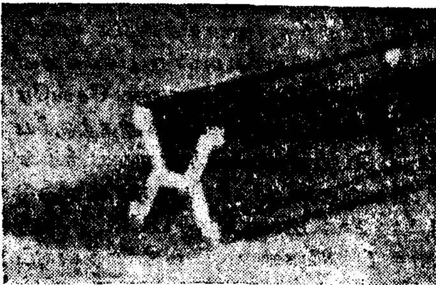
> 'பாரிசின் புறநகரான சேவ்ரே-இல் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயத்தின் மேற்பார்வையில் உள்ள ஓர் அறையுள் சுழிப்பாகை சென்டிகிரேட் (பின்னர் செல்சியசு) வெப்ப நிலையில் வைக்கப்பட்ட பிளாட்டினம்-இருடியம் தண்டின் மீது பொறிக்கப்பட்ட இரு கோடுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு ஒரு **மீட்டர்** ஆகும்.'

இங்ஙனமே, குறிப்பிட்ட ஒரு பிளாட்டினம்-இருடியம் உருளை யின் நிறை ஒரு கிலோகிராம் எனப்பட்டது. இவற்றின் படிகள் உறுப்பு நாடுகளுக்கு வழங்கப்பட்டன.

2·1.12. மீட்டரின் பிளாட்டின - இருடியப் படித்தர அமைப்பு

தொடக்கத்தில், 25mm × 35mm செவ்வகக் குறுக்குப் பரப் புள்ள பிளாட்டினத் தண்டின் முனைகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவு 1 மீட்டர் எனப்பட்டது. இந்த முனைப் படித்தரம் (end standard) நுண்ணிய தேய்வுகளுக்கு உட்படக்கூடும் ஆதலால் இது நிலையான அளவாக இருக்க இயலாது என அளவியல் வல்லு நர்கள் 1867-லேயே ஐயுற்றனர். எனவே, இந்த முனைப் படித்தரம் நீக்கப்பட்டு 1884-ல் வரிப்படித்தரம் (line standard) கைக்கொள்ளப்பட்டது.

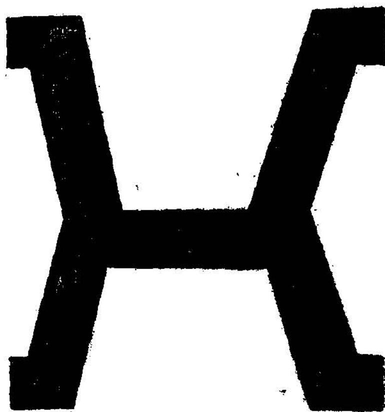
அனைத்துநாட்டு மூலமுன்மாதிரி மீட்டர் (International prototype metre) எனப்படும் இப்படித்தரம் 90% பிளாட்டினம், 10% இருடியம் கலந்த பிளாட்டின இருடியத் தண்டால் ஆனது. இதன் (குறுக்கு) முகப்பரப்பு 20mm × 20mm குறித்த அளவிலேயே உச்ச விறைப்பைத் (rigidity) தரத்தக்கதாகவும், மேற் புற அகட்டின் நடுநிலைத் தளத்தில் வெளித்தெரி யும் தளப்பரப்பு அமையு மாறும் இது உருவாக்கப் பட்டுள்ளது. இந்தத்



படம் 4. நீளம் : பிளாட்டின இருடியப் படித்தரம்

தண்டின் மொத்த நீளம் 1 016mm. இதன் நடுநிலைத்தளத்தில்

இரு ஓரங்களுக்குச் சற்றுமுன் செங்குத்தாக வரையறைக் கோடுகள் சமச்சீராக இடப்பெற்றுள்ளன. நீரின் உறைநிலையில் இந்த இரு கோடுகளுக்கும் இடைப் பட்ட தொலைவு 1 மீட்டர் எனப்படும். இந்தத் தண்டைத் தாங்கும் இரு உருளைகள், அதன் நீளத்துக்குச் செங்குத்தாக 571mm தொலைவில் சமச்சீராகக் கிடைநிலையில் இருத்தப் பெற்றுள்ளன. இந்தப் படித்தரத்தை வடிவமைத்தவர் H. E. டிரெஸ்கா (H. E. Tresca, 1814-1885) என்ற மாழையியல் (metallurgy) வல்ல கம்மியக் கலைஞர் ஆவார். இஃது ஆவணக்களரி மீட்டர் அல்லது பழம் பொருள் காட்சியக மீட்டர் (metre des Archives) என வழங்கப்படும்.



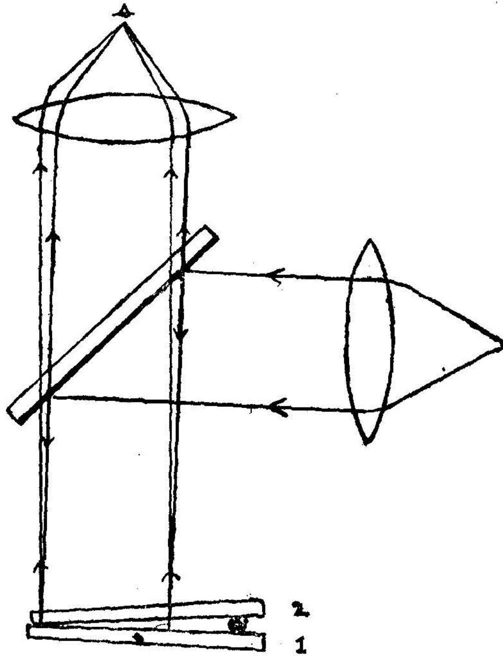
படம் 5. படித்தரத்தின் முகப்பரப்பு

இந்தப் படித்தரம்தான் ஏறத்தாழ 70 ஆண்டுகளாகக் (1889-1960) கைக்கொள்ளப்பட்டு வந்தது. 19ஆம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியில் வெப்பம், ஒளி, மின்சாரம், காந்தம் போன்ற துறைகளில் விளைந்த புரட்சிகரமான வளர்ச்சியும், ஆலைகளின் பெருக்கமும், அளவீட்டு நுட்பத்தை மிகவும் வலியுறுத்தின. இதனால் ஒவ்வொரு நாடும் அளவீட்டை வரையறுக்கும் நிறுவனத்தை உருவாக்கி ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொண்டது. இதனால், இந்தப் பிளாட்டின இருடிய மீட்டர்க்கோல் தேவையான நுட்பம் வாய்ந்ததன்று என்று கருதி, வேறு படித்தரங்களைப் பற்றி நினைக்க முனைந்தனர்.

2·1.13 குறுக்கியப் பாங்கப் படித்தரம்

ஒளியின் அலைக்கொள்கை உருவாகிய காலத்தில் 1827-லேயே சேக்குவஸ் பாபினெட் (Jacques Babinet) என்ற பிரெஞ்சுப் பூதவியலார், ஒளியின் அலைநீளம் தக்க நீளப் படித்தரம் ஆகத் திகழும் எனப் பரிந்துரைத்தார். அக்காலத்தில், ஒளிக் குறுக்கியமானியைப் (interferometer) பற்றிய கருத்து உருவாகாததால் அவரது பரிந்துரை நடைமுறைக்கு வரவில்லை.

குறுக்கியம்[5] (interference) என்றால் என்ன?: இரு அலைகளின் முகடுகள் (crests) பொருந்தும்போது, அந்த அலைகள் ஒன்றுக்கொன்று வலிவூட்டுகின்றன; ஓர் அலையின் முகடு மற்றதன் அகட்டுடன் (அகடு-trough) பொருந்தும்பொழுது ஒன்றையொன்று அழித்துக்கொள்கின்றன. முதல்வகையில் குறுக்கியம் **ஆக்கப்பாங்கம்** ஆகவும், மறுவகையில் **நீக்கப்பாங்கம்** ஆகவும் விளங்குகின்றது. ஆக்கம், பிறங்கு வரிகள்[6] (bright fringes) ஆகவும் நீக்கம், இருள்வரிகள் (dark fringes) ஆகவும் துலங்கித் தோன்றும். ஓர் ஒற்றை நிற ஒளிமூலத்தில் இருந்து கிளம்பும் ஒளிக் கதிர்களுக்கு, அதன் அலைநீளத்தில் பத்தில் ஒரு பாகம் உள்ள



படம் 6. குறுக்கியமானி,

பாதை வேறுபாட்டுடன் (path difference) சென்று, மீண்டும் சேரும் பொழுது, இத்தகைய குறுக்கியப்பாங்கும் (interference pattern) உருவாகும். இதனைத் தகுந்த குறுக்கியமானியால் கண்டறியலாம்.

[5] 2. 1. 13. Interference - குறுக்கியம். குறுக்கீட்டு விளைவு என்பது கலைச் சொல் அல்ல ; சொற்றொடர்,

[6] பிறங்கு→ bright. காண்க : 11.3.7 (a)

குறுக்கியமானி (interferometer): எளிதாக அமைக்கக் கூடிய குறுக்கியமானி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.[7]

இரு ஒளியியச் சமதளப் பளிங்குத் தகடுகள் (two optically plane glass plates-1,2) ஒன்றன் மீது ஒன்றாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவை, ஒரு முனையில் பொருந்தியும், மறுமுனையில் நுண்ணிய பொருளால் இடையிடப்பட்டும் உள்ளன. மேல் தகட்டில் படும் ஒளிக்கதிர், மேல்தகட்டின் அடிப்புறத்தை அடையும்போது ஒரு பகுதி மீட்சியடைந்து, மேற்புறம் செல்லும்; மறு பகுதி ஒளிவிலக்கம் அடைந்து அடித்தகட்டின் மேற்புறம் பட்டு மீளும். முதற்பகுதிக் கதிருக்கும், மறுபகுதிக் கதிருக்கும் இடையில் பாதை வேறுபாடு உண்டானதால், பிறங்குவரியும் இருள் வரியும் ஆக மாறி மாறி விளங்குகின்ற குறுக்கியப்பாங்கம் உருவாகிறது. பளிங்குத் தகடுகள் பொருந்தும் முனையிலிருந்து, நுண்பொருளுடன் பொருந்தும் இடம் வரையில் உள்ள இருள் வரிகளை எண்ணி, இந்த எண்ணிக்கையின் (n) பாதியால், பயன் பட்ட ஒளியலை நீளத்தைப் பெருக்கினால், நுண்பொருளின் தடிமத்தை (t) அறியலாம்.

$$t = \frac{1}{2} n \lambda$$

'பாபினெட்'டின் பரிந்துரையை முதன்முதலாக, 1892-93-ல் நடைமுறைப் படுத்தியவர்கள் 1907-ன் நோபல் பரிசைப் பெற்ற அமெரிக்கப் பூதவியலார் A.A. மைக்கல்சன் மற்றும் J. R. பெனாய்ட் என்ற இருவர்தாம்.

பாதரசம் என்ற இதள் (mercury)-ன் அலைநிரலில்[8] (spectrum) உள்ள தெளிவான பச்சைவரியால், மீட்டர்ப் படித்தரத்தை அளக்கலாம் என மைக்கல்சன் கருதினார். ஆனால் இதன் பச்சைவரி பெரிதும் அகலமாய் இருந்தது. அஃதாவது, அதன் அலைநீளம் அகன்ற நெடுக்கத்தில் பரவியிருந்தது. மிகுந்த நுட்பத்துக்கு இது உதவாது. ஆகையால் இதை விட்டுவிட்டு, காட்மிய அலைநிரலின் செவ்வரியை மைக்கல்சன் கருதினார். இதன் குறுக்கிய வரிகளும் சென்டிமீட்டர் பாதை வேறுபாடு உற்றவுடன் எண்ணுவதற்கு இயலாதவாறு கலக்கமுற்றிருந்தன. அஃதாவது, மீட்டர் ஒரேதடவையாய் அளக்கப்பெறாமல் பல மடங்குகளால்தான் அளக்கப்படக் கூடியதாயிற்று. இதனால் நுட்பம் மிகவும் குறைவுற்றது.

[7] பட்டப்படிப்பு மாணவர்கள், தமது காற்று ஆப்பு (aiawedge) செய்முறையைக் கருத்தில் கொள்க.

[8] அலைநிரல் - Spectrum : II. I-ன் அடிக்குறிப்பைக் காண்க. பாதரசத்துக்கான பழந் தமிழ்ப்பெயர் இதள் அல்லது இதரம்.

பின்னர் 1905-1906-ல் செம்மைமிக்க கருவிகளையும் முறைகளையும் கைக்கொண்டு C. பேபிரை (C. Fabry), A. பெராட் (A. Perat) ஆகியோர் காட்மிய அலைநீளம் 0·643 846 96 மைக்ரோமீட்டர் என அறிவித்தனர். இதனை அடிப்படையாகக்கொண்டுதான் அலைநீள அலகாக, ஆங்ஸ்ட்ராம் (angstrom-Å) 1907-ல் கைக்கொள்ளப்பட்டது. காட்மிய அலைநீளம் 64 384 696 Å. 1Å = $10^{-10}m$. அஃதாவது ஒரு மீட்டரில் 1 553 164.13 எண்ணிக்கைக் காட்மிய அலைநீளம் உள்ளது.

1927-ல் கூடிய 7ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு நீளத்தின் படித்தரத்தை அலைநீளத்தில் வரையறுப்பதற்குத் தாற்காலிக ஒப்புதல் அளித்தது. ஏனெனில், அலைநீளப் படித்தரம் பிளாட்டின-இருடியப் படித்தரத்தைவிடத் துல்லியம் குறைந்ததும் அன்று; மேலும் எங்கேயும் எளிதாக உண்டாக்கிக்கொள்ளும் **இயற்கைப் படித்தரம்** ஆகவும் இலங்கியது. இதனால் ஒவ்வொரு நாடும் தன்னாட்டுப் படித்தர மீட்டர்த் தண்டை பாரிசுக்கு ஏந்திக்கொண்டு அலைவதாவது தவிர்க்கப்படக்கூடும் அன்றோ!

மீட்டருக்கான அலைநீள-வரையறை ஆராய்ச்சி பல நாடுகளிலும் நடைபெற்றது. 1927 முதல் 1940 வரை சோவியத் ரசியா, செர்மனி, பிரிட்டன், சப்பான் ஆகிய நாடுகளின் தேசிய ஆய்வகங்கள் இதனை ஆய்ந்து, தனித்தனியாய்க் கண்ட அலைநீளப் படித்தரங்கள் 1 மீட்டர் என்பது 1 553 164·13 காட்மிய அலைநீளம் எனக் கணித்தன. அவை சரியாகவும் ஒத்திருந்தன.

மேலும் 1940-ல் லூயிஸ் W. ஆல்வாரிஸ் என்பவர் பரிந்துரைத்ததை மேற்கொண்டு அமெரிக்கத் தேசியப் படித்தர நிறுவனத்தைச் (National Standards Institution)சேர்ந்த வில்லியம் F. மெஃகெர் (William F. Meggers) சரியான அலைநீளப் படித்தரத்தை உருவாக்க முனைந்தார். அணுக்கரு உலையில் தங்கத்தின் மாற்றுருவாக மாறிய இதள்-198 (Hg-198) என்னும் செயற்கை ஓரிடணு (isotope) நிறைந்த விளக்கின் ஒளியை அத்தகைய படித்தரமாக ஆக்கலாம் என்பதை மெஃகெர் 1950-ல் செயல்முறையில் விளக்கினார். இயற்கை இதள் பச்சைவரி 16 அலை நிரற் கூறுகளைக் கொண்டுள்ளது. ஆனால் செயற்கை இதள்-198 ஓரிடணு ஒரே தனிக்கூறாகக் கூர்மையான வரிகளை உருவாக்கியது.

2·1. 14. கரப்பன்-86 படித்தரம்

அலைநீளப் படித்தரத்தின் சிறப்பினால், 1948-ல் கூடிய 9ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு, மீட்டரை அலைநீளத்தில்

வரையறுக்க வேண்டும் என்று தீர்மானித்தது. கரப்பன்-86 (Krypton-86)* இதள்-198 (mercury-198) காட்மியம் 114போன்ற வற்றுள் ஏதாவதோர் ஓரிடணு உமிழும் ஒளியின் அலை நீளத்தைக் கைக்கொள்ள முனைந்தது. அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு ஆயத்தின் கருத்தாய்வுக் குழு (Advisory Committee) இந்தப் புதுப்படித்தரத்துக்கு அடிப்படையாக வெற்றிடத்தில் பரவும் காட்மிய ஒளி அலை நீளத்தைக் கையாளப் பரிந்துரைத்தது.

வெற்றிடத்தில் முன்னர்க் குறித்த காட்மிய ஒளியின் அலை நீளம் 0.644 024 907 μm. (ஏனெனில் காற்றின் ஒளிவிலக்கெண் n=1.000 276 381). 1954-ல் 10-ஆம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு, இப் பரிந்துரைக்கு ஒப்புதல் அளித்தது. எனினும் கரப்பன்—86 (Krypton-86)-ன் அலை நீளமே தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டது. அதன்படி 11ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு 1960 அக்டோபர் மாதம் 14ஆம் பக்கல் அன்று நிறைவேற்றிய தீர்மானம் ஆவது.

தீர்மானம்-6 : (மீட்டருக்கான வரையறை)

பதினோராம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு

இன்றைய அளவீட்டுக்குத் தேவையான நுட்பத்துடன் அனைத்து நாட்டு மூல முன் மாதிரி (International Prototype) யானது, மீட்டரை வரையறுக்கவில்லை என்றும் இத்துடன் இயற்கையான, அழிக்க இயலாத ஒரு படித்தரத்தைக் கைக் கொள்வது உகந்தது என்றும்,

கருதி

(1) மீட்டர் என்பது நைட்டிரசனின் மும்மைப் புள்ளி (triple point-63.16k) வெப்பச்சுழலில் கரப்பன் 86 (kryption-86), $^5d_5$ ஆற்றல் மட்டத்துக்குக் கிளர்வுற்று $^2p_{10}$ ஆற்றல்மட்டத்தில் விழும்போது உமிழப்படும் செவ்-ஆரஞ்சு† நிறக் கதிர்ப்பு வெற்றிடத்தில் அளிக்கும் 1 650 763.73 அலை நீளத்துக்குச் சமம்;

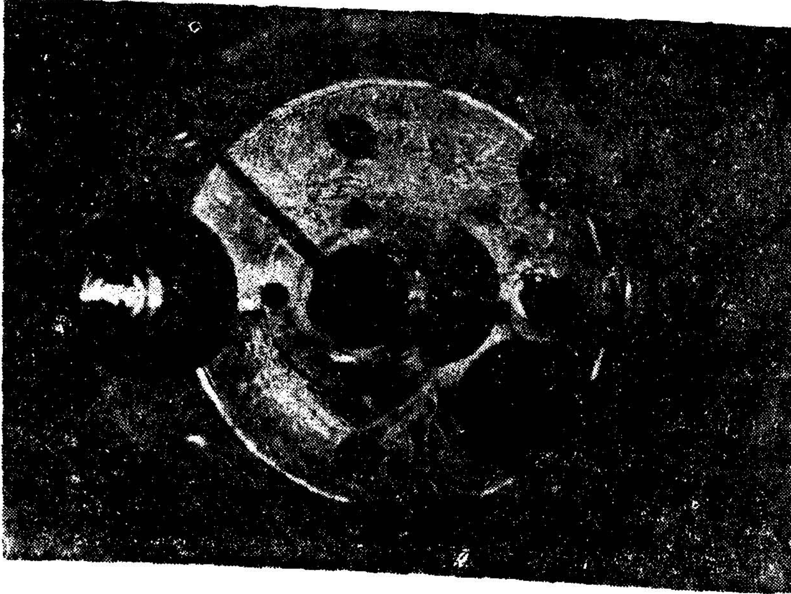
(2) பிளாட்டின-இருடிய அனைத்து நாட்டு மூல முன் மாதிரி (prototype) யை அடிப்படையாகக் கொண்டு 1889 முதல் வழங்கி வந்த மீட்டரின் வரையறை கைவிடப்படுகிறது.

*2.1.14 கரப்பு=மறைதல்; கரப்பு→GK Kryptos மறைந்திருந்த தனிமம் Krypton எனப்பட்டது. எனவே மூலமுதல் சொல்லால் Krypton கரப்பன் எனக் குறிக்கப்பட்டது.

†த. நாரந்தம்→Orange (நாரந்தம்→naranj→orange)

(3) 1889-இல் முதல் அளவீட்டுப் பொது மாநாட்டில் நிலை நிறுத்தப்பட்ட அனைத்து நாட்டு மூலமுன்மாதிரி மீட்டர் 1889-ல் நிறுவப்பெற்ற அதே நிலைகளால் பாதுகாக்கப்பெறும் என்று தீர்மானிக்கிறது.

இரண்டு மீட்டர் தண்டுகளை ஒப்பிடுங்கால் கோடியில் ஒன்று அல்லது இரண்டு பங்கு நுட்பத்தைப் பெறலாம்.



படம் 7. கரப்பன் 86 படித்தரம்

கரப்பன்-86 (Krypton. 86) படித்தரம் இதைப்போல் 10 மடங்கு மிகுந்த நுட்பத்தை அளிக்கிறது.

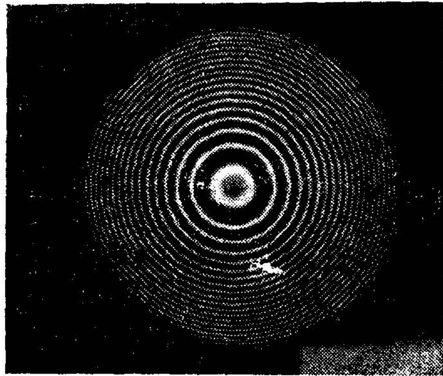
கரப்பன் 86 படித்தரத்தின் குறைபாடு: மீட்டரை ஒரே தடவையில் அளக்க இயலாதது இப்படித்தரத்தின் முக்கியமான குறைபாடு. இதன் அலைநீளம் நுட்பம் மிக்கது; ஆயினும் இதன் அணுக்கள் ஒன்றுக்கொன்று கதிர்ப்புகின்றன. இதன் விளைவாக அலைகள் ஒரு கட்டத்தில் இருப்பதில்லை; சில டெசி மீட்டர்களுக்குமேல் அளப்பதற்கும் இயல்வதில்லை.

2.1.15. எதிர்காலப் படித்தரம் - லேசர்

கதிர்ப்பின் கிளர்ப்புமிழ்ப்பால் ஒளிமிகுப்பு (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) என்ற விளைவால்

பெயர்பெற்ற லேசர் (Laser) அளவீட்டுப் படித்தர வரையறைக்குப் பயன்படுகிறது. இந்த லேசர், ஆற்றல்மிக்க, ஒரே திசைப்பட்ட, ஒற்றைக்குரும்* (monochromatic), ஓரியல் (coherant) ஒளிக்கற்றையை உண்டாக்குகிறது. லேசர் கற்றையில் ஒளியலைகள் யாவும் ஒரு படிநிலையில் அமைவதால், மிகக் கூர்மையான வரிகள் உருவாகின்றன. கரப்பன் 86-ன் பாதை வேறுபாடு சில சென்டிமீட்டர்கள்தாம். ஆனால் லேசரில் மீட்டரில் மட்டுமல்ல, பல்லாயிரம் மீட்டர் பாதை வேறுபாடுகளையும் தருவிக்கலாம்; இருந்தும் வரிகளின் கூர்மை குறைவதில்லை.

லேசர் படித்தர ஆராய்ச்சி: தேசியப் படித்தர நிறுவனப் (National Standards Institution) பணியாளர்கள் 1963-லேயே எல்லியம்† - நியான் (heliumneon) லேசரைக் கொண்டு 200 மீட்டர் ஒளிப்பாதைக்கு மேலும் குறுக்கிய வரிகளைப் (interference fringes) பெற்றனர். ஓராண்டுக்குப்பின்-அஃதாவது 1964-ல் ஒரு மீட்டர்த் தண்டை லேசரைக்கொண்டு ஒரே தடவையில் அளந்தனர். இதில் கிடைத்த நுட்பம் பத்துக்கோடியில் ஏழு பங்கு. அதன்பின்னர் 632.8 nm அலை நீள நியான்



படம் 8. லேசர் படித்தரம்

லேசரைப் பயன்படுத்தி பத்துக் கோடியில் ஒரு பங்கு நுட்பத்துடன் அளந்தனர். இது கரப்பன்-86 படித்தரத்தின் நுட்பத்துக்குச் சமம்.

* 2.1.15 : தமிழ் குரு = நிறம், செந்நிறம், குரு – Greek Chroma-E. Chrome. எனவே Chromatic குருமம் எனப்பட்டது. ஒ. நோ. Chromium, குருமியம்.

† காண்க 2.4.10

எனினும், லேசர் அலைநீளம் அனைத்துநாட்டுப் படித்தர மாக ஏற்றுக்கொள்ளப்படுவதற்கு முன், அது தக்க நிலைப்புறுதி யுடையதாகவும், எளிதில் உருவாக்கத்தக்கதாகவும் உள்ளது என்று ஐயந்திரிபற நிறுவப்படவேண்டும்.

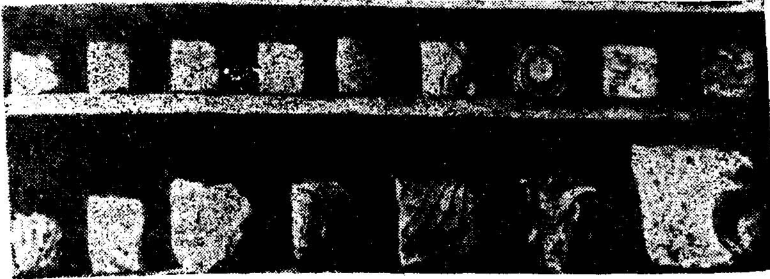
லேசர் பயன்பட்டால் நூறு என்ன—ஆயிரக் கணக்கான கிலோமீட்டர் தொலைவுக்குக்கூட, குறுக்கியமானி நீள அளவை விரிக்கலாம். எனினும் அதனால் விளையும் பல்லாயிரங் கோடிக் குறுக்கியவரிகளை எண்ண, தன்னியங்கிக் கருவிகளால் தான் இயலும்!

2.2 நிறை (Mass)

நீளத்தை அளக்கத் தெரிந்தபின் நிறையைப்பற்றி மாந்தன் கருதியிருப்பான். பழங்கால நாகரிக நாடுகள் இவற்றுக்கான படித்தரங்களையும் கைக்கொண்டிருந்தன.

2.2.1. இந்தியாவின் முதல் நிறைப் படித்தரம்

இன்றைக்கு 5000 ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் வாழ்ந்த சிந்து சமவெளி மக்கள் பலநிறைக் கற்களைப் பயன்படுத்தினர். நீளத் துக்குப் படித்தரத்தை அமைத்திருந்ததைப் போலவே நிறைக்கும்



படம். 9 இந்தியாவின் தொடக்ககால நிறைகள்

அமைத்திருந்திருப்பர் என்பதை அவர்களுடைய பல்வேறு நிறை யலகுகள் புலப்படுத்தும்.

2.2.2. தமிழ்நாட்டில் நிறையும் அளவுகளும்

கி. மு. 7ஆம் நூற்றாண்டுக்கு முன்னர் தமிழகத்தில் வழங்கி வந்த,

'அளவிற்கும் நிறையிற்கும் மொழிமுதல் ஆகி
உளவெனப் பட்ட ஒன்பதிற் றெழுத்'தை

தொல்காப்பியர் (தொல்: எழுத்து 170) விதந்து உரைத்துள்ளார். உலகில் முதன்முதலாகப் பயன்பட்ட Weights and Measures (Poids et Mesures) என்னும் தொடர் இதுவாகக்கூட இருக்கலாம்.

2.2.3. எகிப்தின் நிறையலகுகள்

நிறையலகுகளும், படித்தரங்களும் வெவ்வேறு நாட்டிலிருந்து எகிப்துக்கு வந்து சேர்ந்து வளர்ச்சியுற்றன. நிறையலகுகளும், படித்தரங்களும் 6-ஆவது பேரரசுக் காலத்திலேயே வழங்கி வந்ததைப் பல ஆராய்ச்சிகளும் உறுதிப்படுத்துகின்றன.

2.2.4. இந்தியாவில் பதினமுறை

ஒருங்கியைந்த, சிறப்புமிக்க பதினமுறை அளவீடு கைக்கொள்ளப்பட்டதால், இந்தியாவில் வழங்கிய எண்ணற்ற அளவீட்டு முறைகள் ஒழிந்து, அளவீட்டில் ஒருமைப்பாடுடன் திகழ்கிறோம். ஒருமைப்பாட்டுக்கு அளவீடும் ஒரு முக்கிய காரணமாக விளங்குகிறது. இந்தியாவில் வழங்கிய பதினமுறையல்லாத ஒரு முறையைக் காணலாம்.

2.2.5. நிறுத்தல் வாய்பாடு

பழந்தமிழ்நாட்டில் வழங்கிய நிறுத்தல் அளவைப்பற்றி அறிவது வரலாற்றுச் சுவை பயப்பதே (மேலும் இந்த அளவீடுகளைக் குறித்த நூல்கள் வழக்கத்தில் இருந்து மறைந்துவருவதால் அளவீடு பற்றிய இந்த நூல் தவிர்த்த வேறு நூல்களில் காண்பதும் அரிது)

நிறுத்தல் அளவை : (பொது)		சில வேறுபாடுகள்	
1 நெல்லெடை	=1 விசம்	5 கடுகு	=1 சீரகம்
2 வீசம்	=1 பிளவு	5 சீரகம்	=1 நெல்
2 பிளவு	=1 குன்றி(மணி)	4 நெல்	=1 குன்றிமணி
2 குன்றி	=1 மஞ்சாடி		
2 மஞ்சாடி	=1 பணவெடை		
5 பணவெடை	=1 கழஞ்சு	10 மஞ்சாடி	=1 கழஞ்சு
2 கழஞ்சு	=1 கஃசு		

4 கஃசு	=1 பலம்(தொடி)	4 கஃசு	=1 தொடி
100 பலம்	=1 தூக்கு	10 தொடி	=1 துலாம்
2 தூக்கு	=1 துலாம்	(25 தொடி	=1 தூக்கு)
32 துலாம்	=1 பாரம்	(50 தொடி	=1 எடை)
(2 துலாம்	=1 பிசு)	20 துலாம்	=1 பாரம்
		30 துலாம்	=1 கண்டி

பொன் நிறுவை முதலியன (இடைக்காலம், இக்காலம்)

32 குன்றிமணி	=1 வராகன்	32 குன்றிமணி	=1 வராகன்
(16 மஞ்சாடி	=1 வராகன்)	10 வராகன்	=1 பலம்
9 வராகன்	=1 ஓஞ்சை	(180 தவசமணி	=1 தோலா
9 ஓஞ்சை	=1 சேர்	(3 தோலா	=1 பலம்)
...		8 பலம்	=1 சேர்
9 பணம்	=1 பூவராகன்	5 சேர்	=1 வீசை
10 பணம்	=1 கழஞ்சு	8 வீசை	=1 மணங்கு
	(1 ரவை மஞ்சாடி)	20 மணங்கு (=500 ராத்தல்)	=1 பாரம்

—o—

$10\frac{1}{2}$ மாற்று = தங்கம்
$3\frac{1}{2}$ மாற்று = வராகன்
$\frac{1}{16}$ வராகன் = ரதி

இந்த நிறுவை முறைகளுள் சில இரண்டாயிரம் ஆண்டு களுக்கும் முன்னரே ஏறத்தாழ இதே பெயரிலும் அளவிலும் வழங்கி வந்தன என்பதை

'தொடிப்புழுதி கஃசா உணக்கின் பிடித்தெருவும்
வேண்டாது சாலப் படும்'

என்ற திருக்குறள் வெண்பா குறிப்பாய் உரைத்தல் காண்க.

இதுபோன்ற அளவீட்டை நினைவில் இருத்துவதும், அதைக் கொண்டு அளப்பதும் எவ்வளவு கடினமான செயல். இந்த அளவீடுகளைப் பயன்படுத்தியவர்களால்தான் பதினமுறையின் எளிமையையும் சிறப்பையும் நன்கு உணரமுடியும். எத்தனையோ சிக்கல்களையும் புதிர்களையும் விடுவிக்க வேண்டிய அறிவியலா ளர்கள் அளவீட்டை நினைவில் நிறுத்தவே தமது திறமையைச் செலவழித்து விடுவதா ?

இடைக்காலத்தில் இருந்து இக்காலம் வரை, பிரிட்டனின் சிற்றெடை தவசமணி (grain) இதனை நோக்குங்கால் பழங் காலத்தில் விளக்கிய மேற்கண்ட இயற்கையளவீட்டில் குறை யில்லை யென்பதையும், ஆயினும் நமது அறிவியற் காலத்துக்கு இது சிறிதும் பொருந்தாது என்பதையுமே வலியுறுத்துகிறோம்.

2.2.6. அனைத்து நாட்டு நிறைப்படித்தரம் (International mass standard)

நீளத்தின் படித்தரத்தை-மீட்டரை முதன்முதலாக உரு வாக்கியாயிற்று. மீட்டரில் நூறில் ஒரு பங்கு 1 சென்டிமீட்டர், 1 cm நீளம் 1 cm அகலம் 1cm ஆழம் உள்ள கனசதுரத்தில், இயல் நிலவளி யழுத்தத்தில் 277 K வெப்பநிலையில் உச்ச அடர்த் தித் தூய நீரின் நிறை 1 கிராம் (gram) என வரையறுக்கப்பட்டது. இத்தகைய 1000 கிராம் 1 கிலோ கிராம் நிறையை வரை யறுக்கப் பயன்பட்ட ஏனம் 1000 கன சென்டி மீட்டருக்கு கொண்மை (capacity) உடையதெனக் கருதப்பட்டது. ஆயினும் அந்த ஏனம் சற்றே அதிகமான கொண்மை யுடையதெனப் பின்னர் அறியப்பட்டது. எனினும் அதற்காக ஏற்கெனவே வரை யறுத்த கிலோ கிராம் படித்தர நிறையை மாற்றுவது சிக்கலை உண்டாக்கக் கூடும் என்று கருதி படித்தர நிறை மாறாது கைக்கொள்ளப்பட்டது. 1 cm^3 நீர் = 1 கிராம் என நிறுத்து வரையறுத்தவர் லவாய்சியர்.

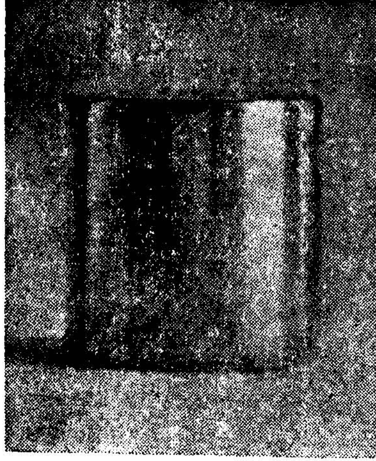
உச்ச அடர்த்தியில் 1 லிட்டர் தூய நீரை நிறுத்து 1 கிலோ கிராம் எனக்கொள்வது தொல்லையாகவே இருந்தது. எனவே சீரிய படித்தரம் ஒன்றின் தேவை மிகவும் உணரப்பட்டது.

2.2.7. படித்தர மூலமுன் மாதிரி உருவாக்கம்

1889-ல் கூடிய முதல் அளவீட்டு மாநாட்டின் பரிந்துரைப் படி நிறையின் புதிய படித்தர அலகு உருவாக்கப்பட்டது. 40 mm விட்டமும் 40-mm-க்கு மிகச்சிறிதே குறைந்த உயரமும் உள்ள பிளாட்டின-இருடிய (60%pt; 10%Ir) உருளையின் நிறை 1 கிலோ கிராம் எனக்கொள்ளப்பட்டது. 1901-ல் கூடிய 3ஆவது அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு

> அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு நிறுவனம் (BIPM) சேவ்ரே-இல் உள்ள ஓர் அறையுள் பாதுகாத்து வைத் துள்ள **அனைத்து நாட்டு மூலமுன் மாதிரிக் கிலோ கிராம் (International prototype kilogram)** என்னும் பிளாட்டின-இருடிய உருளையின் நிறையே நிறையின் படித்தர அலகான **கிலோ கிராம்**, என வரையறுத்தது.

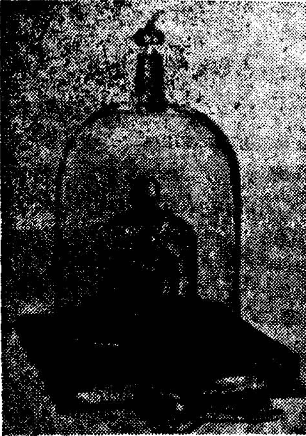
CGPM உறுப்புநாடுகளுக்கு இப்படித்தரத்தின் படிகள் வழங்கப்பட்டன. இந்தியாவின் நிறைப் படித்தரம் 'மூல முன் மாதிரிப்படி-57'; பிரிட்டனது 'மூலமுன்மாதிரிப்படி-18'; அமெரிக்க ஒன்றியத்தினது 'மூலமுன்மாதிரிப்படி-20'. இந்தப்



படம் 10. மூல முன் மாதிரிக் கிலோகிராம்

படிகளைக் கொண்டு அந்தந்த நாடுகள் தங்கள் கிலோகிராம் நிறைய்யை வரையறுத்துக் கொள்ளலாம்.

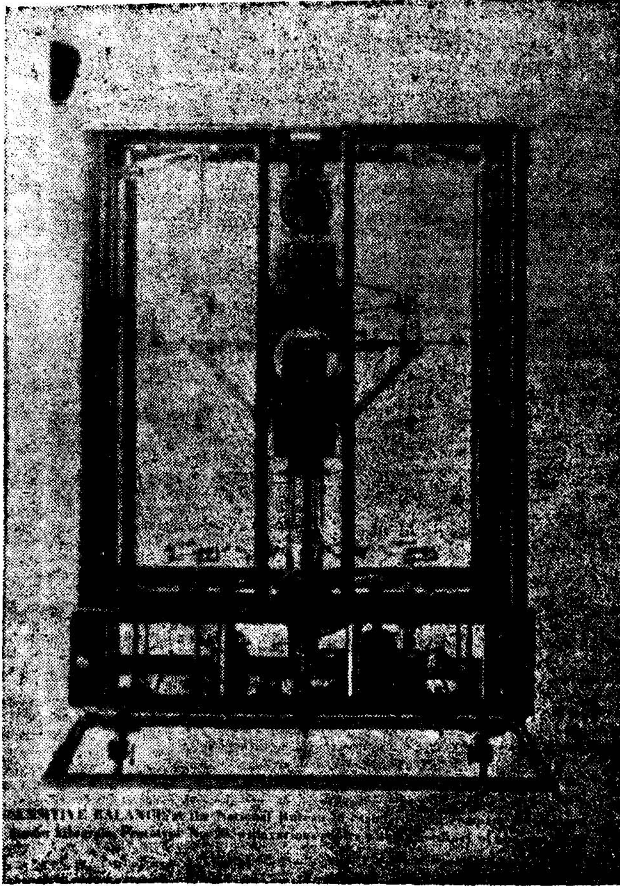
2.2.8. படித்தரப் பாதுகாப்பு



படம் 11. கிலோகிராம் பாதுகாப்பு

இந்தப் படித்தரத்தின் படிகள் எவ்வளவு கவனம் ஆகப் பாதுகாக்கப் பெறுகின்றன என்பதற்கு ஒரு சான்று: அமெரிக்கத் தேசியப் படித்தர நிறுவனத்தின் கெய்தேர்சுபுரி (Gaithersburgh) ஆய்வகத்தில் உள்ள மூல முன் மாதிரிக்கிலோகிராம்-20,ஏனைய படித்தரங்களை ஒப்பிடுவதற்காக ஓராண்டுக்குஒருதடவைக்கு மேல் எடுக்கப்படுவதில்லை. இதனைக் கையால் தொடவே கூடாது. அதற்கான அறையில் இருந்து அதை இடுக்கியின்

உதவியால் ஒருவர் எடுக்கும்போது, அவர் தவறிவிழுந்தால் கிலோகிராமைப் பாதுகாக்க அவருடன் கூட ஒருவர் கட்டாயம் இருந்தாக வேண்டும். மூல முதற்படித்தரத்துடன் ஒப்பிடுவதற்காக இம் 'முன் மாதிரி' 1889-ல் இருந்து இன்றுவரை இரண்டே இரண்டு முறைதான் பாரிசுக்குக் கொண்டு செல்லப் பட்டிருக்கிறது.



படம். 12. நுட்பத்துலை

2.2.9. படித்தர ஒப்பீடு

இந்தப் படித்தரங்கள் பத்துக்கோடியில் ஒரு பங்கு துல்லியத் துடன் நிறுக்கப் பெறுகின்றன. பிரிட்டனின் படியெண்-18

அப்போதைக்கப்போது மூலமுதற் படித்தரத்துடன் ஒப்பிட்ட அளவுகள் இதனைத் தெளிவுபடுத்தும்.

ஆண்டு	(கிலோகிராமில்) நிறை
1889	*1.000 000 070*
1924	*1.000 000 051*
1933	*1.000 000 058*
1948	*1.000 000 071*
1961	*1.000 000 059*

இவற்றை நிறுக்க, மேம்பட்ட நுட்பம் உள்ள துலையும் (balance) செயல் திறமும் தேவை. காற்றுக்கான மிதவைத் திருத்தம் சேர்க்கப்படுதல், இடத் தட்டிலும் வலத் தட்டிலும் மாற்றி மாற்றி நிறுத்தல் போன்ற பல முறைகள் ஒரு சேரக் கையாளப்படுகின்றன. படத்தில் காட்டியுள்ள துலை, பத்துக் கோடியில் ஒரு பங்கு நுட்பத்துடன் நிறுக்கவல்லது.

இவ்வாறு மிகுந்த நுட்பத்துடன் ஒப்பிட இயலுவதால் இந்த மூல முன் மாதிரி 1889-ல் இருந்து தொடர்ந்து கைக் கொள்ளப்பட்டு வருகிறது. மேலும் படித்தரத்தில் நூறு கோடியில் ஒரு பங்கு நிறைமாற்றம் ஏற்படக்கூடிய தேய்வோ, அரிப்போ ஏற்பட்டாலுங்கூட அது கண்ணுக்கு புலனாகிவிடும்.

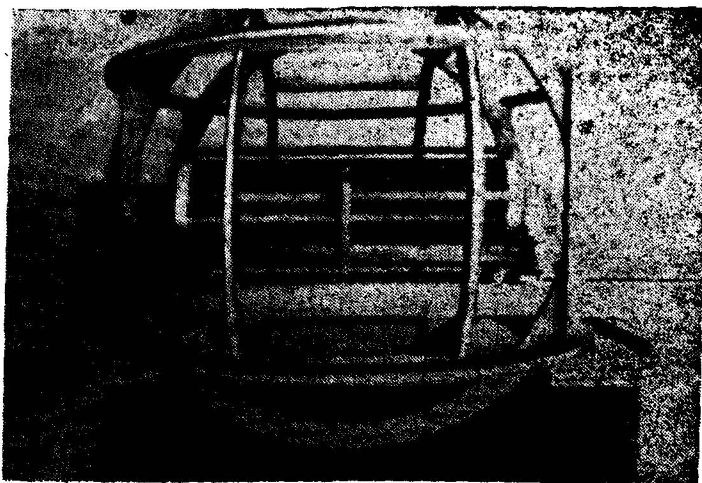
2.2.10. பிற பரிந்துரை வாய்ப்புகள்

செயற்கையான ஒரு படித்தரத்தை விட, அழிக்க இயலாமல் என்றும் எளிதில் உருவாக்கத்தக்க இயற்கையான படித்தரம் நிறைக்கு வேண்டியதுதான். எனினும் இப்போதுள்ள எந்த ஒரு பரிந்துரையும் நமது பிளாட்டின இருடிய இருளை வரும் அளவீட்டு நுட்பத்துக்கு அருகில் கூட வருவனவல்ல. தற்போது கருதப்பட்டு வரும் சில பரிந்துரைகள் ஆவன.

(1) குறித்த வலிமையுடைய காந்தப்புலத்தில் புரோட்டான் சுழற்சியின்போது ஆன சுழலச்சு அதிர்வைப் பொறுத்த சுழற்காந்தத் தகவுப்பண்பு, கிலோகிராமை வரையறுக்க வல்லது. இந்தத் தகவை, பத்துலட்சத்தில் சிலபாகம் துல்லியமாக வரையறுக்கலாம். எனினும் நிறைப்படித்தரத்துக்குத் தேவையான நுட்பம் இதில் கிடைப்பதில்லை.

(2) குறித்த பருமப் படிகங்களில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையைக் கணித்து, ஓர் அணுவின் நிறையைக் கணக்கிட்டு

அதனைப் பயன்படுத்தலாம். அளவீட்டு நிறுவனம் X-கதிர் குறுக்கியமானிகளைப் பயன்படுத்தி இதனை ஆராய்ந்து வருகிறது.



படம் 13. புரோட்டான் சுழற்சி நிறைப்படித்தரம்

(3) பூமியின் நிறையை அடிப்படையாகக்கொண்டு கிலோ கிராமை வரையறுக்கலாம். எடுத்துக்காட்டு :

$$1 \text{ கிலோகிராம்} = \frac{1}{6 \times 10^{24}} \text{ பூமி நிறை}$$

எனினும் இது நுட்பம் மிக்கதன்று. மேலும் பூமியில் இருந்து நிலாவுக்கும் செவ்வாய்க்கும் ஆக அவ்வப்போது வானவெளியில் செலுத்தப்படும் கலங்களால் — கணிக்கத்தக்க அளவில் இல்லா விட்டாலும் கூட — பூமியின் நிறையில் சிறிது குறைவு ஏற்படு கிறது. (பூமியின் நிறை $5 \cdot 977 \times 10^{24}$kg).

(4) எலக்ட்ரான் (மின்னி) நிறையையோ அன்றி அணு நிறையையோ அடிப்படையாகக்கொண்டு கிலோகிராமை வரை யறுக்கலாம். எடுத்துக்காட்டு :

1 கிலோகிராம் = 10^{30} எலக்ட்ரான் நிறை
1 கிலோகிராம் = $6.021\,6 \times 10^{28}$ அணு நிறையலகு

எனினும் இந்தத் தகவுகள் நுட்பமாகத் தீர்மானிக்க இயலாதன.

2.2.11. 'கிலோகிராம்' – பெயர்த்தொல்லை !

1 cm^3 தூயநீரின் நிறையான கிராம்-ஐப் படித்தரமாக ஆக்குதல் நுட்பமானதன்று. எனவே ஆயிரம் கிராம் நிறை உருளையைப் படித்தரம் ஆக்கி அது கிலோகிராம் என வழங்கப் பட்டது.

மீட்டர் – கிலோகிராம் – நொடி (mks) யலகுத்திட்டத் தின் சீர்திருந்திய இன்றைய வடிவமான SI-யில் 10^3 kg-ஐ கிலோ கிலோகிராம் (Kilokilogram) என்றும், அவ்வாறே 10^{-3}kg-ஐ மில்லிகிலோகிராம் (millikilogram) என்றும் கூறத்தோன்றும். இரண்டு எண்மான முன்னொட்டுகளை இணைத்துக் கூறுவது தவறு. எனவே 10^3 kg, 'மெகாகிராம்' (megagram) என்றும் 10^{-3} kg, 'கிராம்' என்றும்தான் வழங்கப் பெறவேண்டும்.

பத்துலட்சத்துக்கு (10^6) ஆன முன்னொட்டு 'மெகா'. ஒரு மெகாகிராம் என்பது பத்துலட்சம் (SI) படித்தர நிறையலகு அல்ல; ஆயிரம் SI நிறையலகு ('கிலோகிராம்') தான். இது, இவ்வாறு மயக்கத்தை ஏற்படுத்துவதால் முன்னொட்டு வராத பெயராக ஒன்றை 'கிலோகிராம்' – 2-க்குச் சூட்ட வேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது அன்றோ ! 'கிலோகிராம்' என்ற பெயருக்குப்பதிலாக, இன்றைய அலகுத்திட்டத்தை உருவாக்கிய வர் பெயர் ஆன சியார்சி (Giorgi-Gi); அறிவியலின் புத்தூழிக்கு வித்திட்ட அறிஞர் பெயர்ஆன ஐன்ஸ்டீன் அல்லது ஸ்டீன் (Einstein or Stein) போன்ற பலபெயர்கள் பரிந்துரைக்கப் பட்டன.

$$1\text{kg} = 10^3\text{g} = 1\text{E} = 1\text{Gi}$$

எனினும் பெயர்மாற்றம் இப்பரிந்துரை இப்போதைக்கு எடுத் துக்கொள்ளப்படாது போலும் !

2.2.12. நிறைப்படித்தரம் – இரு பெயர்ப் பரிந்துரை

சியார்சி என்பதன் குறியீடு (Gi) சிகா (giga–G) என்ற முன் னொட்டுடன் ஒரு புதுக்குழப்பத்தை விளைவிக்கக்கூடும். மேலும் ஐன்ஸ்டீன் அலகு என்ற ஒன்று கிராம்-மூலக்கூற்றில் உள்ள ஒளியாற்றல் அலகாக விளங்குகிறது. எனவே இவையும் பயன் பாட்டுச் சிக்கலை ஏற்படுத்தக் கூடியனவே.

துலாம்: நிறை என்ற கணிசம் தொன்முது பழங்காலத்தில் இருந்தே வழங்கிவருவதால், உலக முதன்மொழிக்கு நெருக்க மான ஒரு மொழியின் நிறையலகைக் குறிக்கும் பெயரைப் பயன் படுத்தலாம். நிறுப்பதற்குப் பயன்பட்டு வரும் கருவி **துலை** (balance). துலைக்கான படித்தர அலகு **துலாம்***. எனவே துலாம் (dhulam-d) என்ற பெயரை, கிலோகிராமுக்குப் பதி லாகப் பரிந்துரைக்கலாம். **மீட்டர்** என்பதன் வேர்ச்சொல், **மாத்திரை** என்ற உலக முதன்மொழிச் சொல்லுக்கு நெருக்க மான சொல் என்பதை ஓர்க.

குரு: கிலோகிரோம்-2-க்குத் தொடக்கத்தில் சூட்டப்பட்ட பெயர் வேறு. 1 கன டெசிமீட்டர் நீரின் நிறைக்குப் பிரான்சு அரசு முதன்முதல் 1792-ல் பரிந்துரைத்த பெயர் **கிரேவ்** (grave) ஏழு ஆண்டுகளுக்குப்பின் இது கிலோகிராம் என மாற்றப் பட்டது.

தமிழில் 'குரு' என்பது **கனமான** என்ற பொருளில் பெயர்ச் சொல் ஆகவும் உரிச்சொல் ஆகவும் பயன்பட்டது. 'குரு' இலத்தீனில் gravis எனவும், பிற ஐரோப்பிய மொழிகளில் grave எனவும் ஆகும். எனவே கிலோகிராம் என்ற சொல் விளைவிக் கின்ற குழப்பத்தை ஒழிக்க மூல முதற்சொல்லான 'குரு' (guru) என்பதையே கிலோகிராம் 2-க்குப் பதிலாக ஏற்றுக்கொள்ள லாம். g என்ற ஓரெழுத்துக் குறியையே 'குரு'வுக்கு மேற் கொள்ளலாம். இதன்படி தற்போதைய கிராம் 'மில்லிகுரு' ஆக அமையும்.

அளவீட்டுக்கான அனைத்து நாட்டுப் பேராயங்கள் இவற்றை ஆராயட்டும்.

2.2.13 நிறையைக் குறிக்கும் விசைத்திட்ட அலகுகள்

fps-அலகுத் திட்டத்தில் நிறையின் அலகு **பவுண்டு**. f(pf)s-விசையலகுத் திட்டத்தில் நிறை ஒரு வருவித்த அலகு விசை யலகுத்திட்ட நிறையின் பெயர் ஸ்லஃ (slug). பொருளின் சடமை-அஃதாவது **sluggishness**-வழியிலான நிறையை அளக்கப் பயன்பெறும் அலகு ஸ்லஃ (slug) இப்பெயரை முதன்முதல் 1890-ல் சாண்பொரி என்பவர் பயன்படுத்தினார்.

$$1\ \text{slug} = \frac{1\ \text{lb f}}{1\ \text{ft/s}^2} = \frac{1\text{lb m} \times 32.174\,0\ \text{ft/s}^2}{1\ \text{ft/s}^2} = 32.174\,0\ \text{lbm}$$

*துலாம் இப்போது குறிக்கும் நிறையலகின் மதிப்பைக் கருத்தில் இருத்த வேண்டியதில்லை.

fps அலகுத் திட்டம் மறக்கப்பட்டு வரும் ஒன்று. ஆதலால் அதனைப்பற்றி மேலும் விளக்குவது தேவையில்லை. விரும்பு வோர் அதற்கான பல்வேறு நூல்களில் கண்டுகொள்ளலாம்.

நீளம், நேரம், விசை என்ற கணிசங்களை அடிப்படையாகக் கொண்ட மீட்டர், நொடி, கிலோகிராம் விசை (kilogram force) என்ற விசையலகுத் திட்டம் கம்மிய இயலில் பெரும் செல்வாக்குப் பெற்றுள்ள திட்டம். இதில் நிறையின் அலகு வருவித்த ஒன்று ஆகும்.

$F = ma$ அஃதாவது $F = mg$

$$\langle m \rangle = \frac{\langle F \rangle}{\langle g \rangle} = \frac{\langle Kgf \rangle}{\langle ms^{-} \rangle} = Kgf^{-2}\, m^{\prime} s^{2}$$

வருவித்த அலகான இந்த நிறைக்கு அனைவரும் ஒப்புக்கொள்ளத் தக்க தனிப்பெயர் கிடையாது. இதன் படியிலான அலகுகள் ஆவன :

1. மெட்ரிக் ஸ்லஃ அல்லது மஃ (Metric slug or mug) படித்தர ஈர்ப்புமுடுக்கத்தின் எண்மான மதிப்புக்குச் சமமான நிறைமதிப்பு fps-விசையலகு திட்டத்தில் ஸ்லஃ (slug) என அழைக்கப்பட்டதைப் போல mks விசையலகுத் திட்ட 'நிறை'க்கு மெட்ரிக் ஸ்லஃ (metric slug) என்ற பெயர் 1939-ல் பரிந்துரைக் கப்பட்டது. இது 1960-ல் மஃ (mug) எனச் சுருக்கப்பட்டது.

இவ்வாறே கிராம்-விசையின் நிறையலகு glug என அழைக்கப்பட்டது.

fps திட்டத்தில் வழங்கி வந்த geepound (=g—pound) என்ற பெயரை ஒட்டி geekilogram என அழைக்காமல் விட்டது வியப்பே! ஒரு வேளை இரு முன்னொட்டுகளுடன் விளங்கு வதால் இது கருதப்படவில்லை போலும்!

2. பார் (par): sluggish என்று பொருள்படும் பிரெஞ்சு உரிச்சொல்லான paresseusx என்பதன் முதல் அசையைக் கொண்டு பார் (par) என்ற பெயர் 1940-ல் பரிந்துரைக்கப் பட்டது.

3. சடம் (inerta) : N. F. மாலிக்கோவ் (N. F. Malikov) என்ற சோவியத் பேராசிரியர், இந்த 'நிறை'க்குச் சடம் (inerta) என்ற பெயரையும் i-என்ற குறியீட்டையும் பரிந்துரைத்தார்.

4. டம் (tum or TME) : செர்மனியில் கம்மிய இயல் நிறையலகு என்று பொருள்படும் technische mass einheit (= engineering mass unit) என்பதன் முதல் எழுத்துகளைக் கொண்டு TME எனப்பட்டது. இதன் வழியிலேயே technical unit of mass என்பதன் முதல் எழுத்துச் சுருக்கமாக tum என்ற பெயர் பரிந்துரைக்கப்பட்டது.

எல்லா நாட்டினரும் ஒத்துக்கொள்ளுமாறு ஒரு பெயர் இதற்கு வழங்கப்படவில்லை. எனினும் சுருக்கத்தைக் கருதி நாம் இதனை டம் (tum) என்றே அழைப்போம்.

2.2.14. அணுநிறையலகு (Atomic mass unit)

அணு மற்றும் மூலக்கூறு போன்ற நுண்ணமைப்பின் நிறைகளைக் கணிக்க **அணு நிறையலகு** (atomic mass unit) என்ற நிறையலகு ஒன்று பயன்படுகிறது. தொடக்கத்தில் இதன் படித்தர அலகாக ஓர் எளிய நீரக **அணு**வின் (hydrogen atom) நிறை மேற்கொள்ளப்பட்டது. அணுவைப் பற்றி அறிவித்த அறிஞர் சாண் டால்ட்டன் (John Dalton 1766-1844) பெயரில், இதன் அலகு **டால்ட்டன்** என்று பெயர் பெற்றது.

1885-ல் ஆஸ்வால்டு (Ostwald) என்பவர் உயிரகை (oxygen) யின் அணுநிறையில் பதினாறில் ஒரு பாகத்தை அணு நிறையலகு-ஆகக் கைக்கொண்டால் பெரும்பாலன தனிமங்களின் அணுநிறை முழு எண்ணாக விளங்கும் என எடுத்துரைத்தார்.

இந்த உயிரகை அணுவும் வெவ்வேறு நிறையெண்கொண்ட **ஓரிடணு*** எனப்படும் ஐசோடோப்புகளைக் (isotopes) கொண்டது. அணுநிறை 16, 17, 18 கொண்ட ஓரிடணுக்களின் மொத்த இருப்பு மேனி :

$$^{8}_{16}O......99.76\% ; \quad ^{8}_{17}O\ ......0.04\% ; \quad ^{8}_{18}O......0.20\%$$

உயிரகையின் ஓரிடணுக்கள் அனைத்தின் சராசரி நிறையில் பதினாறில் ஒரு பாகத்தை, அணுநிறையலகு ஆக இயைபியலார்

*isotope-ஓரிடணு : ஒரே அணுவெண் கொண்ட ஒரே மூலகத்தின் வெவ்வேறு பொருண்மை எண் (அஃதாவது நிறை எண் mass number) கொண்ட அணுக்கள். அந்த மூலகத்தின் ஐசோடோப்புகள் அல்லது ஓரிடணுக்கள் எனப் பெறும். ஒரு மூலகத்தின் எல்லா ஐசோடோப்புகளும் இயைபியற் பண்புகள் அனைத்திலும், நிறை ஒன்றைத் தவிர்த்த ஏனைய எல்லாப் பௌதிகப் பண்புகளிலும் ஒத்திருக்கும்.

† Greek: isos + topas:isos←இசை இந்த=ஒத்த) ; topas←தாவு (=இடம்) isotope — தமிழ் மூலத்தது ஆயினும் பொருள் மயக்கம் ஏற்படுத்தக் கூடியதால் ஓரிடணு என்ற புதுச் சொல் உருவாக்கப்பட்டது.

(chemists) மேற்கொண்டனர். பூதவியலாரோ (physicists) உயிரகை-16 (16°) ஓரிடணு ஒன்றின் நிறையில் பதினாறில் ஒரு பாகத்தைக் கைக்கொண்டனர்.

$$1 \text{ amu (physical scale)} = 1.000\ 272 \pm 0.000\ 05 \text{ amu (chemical scale)}$$

ஒவ்வொருவரும் ஒவ்வோர் அலகுத்திட்டத்தை மேற்கொண்டால் சிக்கல் மிகும் அன்றோ! எனவே இச் சிக்கலைத் தீர்த்துக்கொள்ள இரு இயலாரும் ஒருங்கு கூடி 1960-ல் ஓர் உடன்படிக்கைக்கு வந்தனர். இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியலுக்கான அனைத்து நாட்டு ஒன்றியமும் (International Union of Pure and Applied Physics—IUPAP), அத்தகைய இயைபியல் (chemistry) ஒன்றியமும் (IUPAC) ஒரு சேர ஏற்றுக் கொண்ட வரையறை:

கரி-12 அணுவின் 12-ல் ஒரு பாகமே அணுநிறையலகு
இந்த ஒருங்கியைந்த அணுநிறையலகு $\simeq 1.6604 \times 10^{-27}$ kg.

$$1 \text{ amu } ({}^{6}_{12}\text{C}) = 0.999\ 685\ ({}_{16}\text{Ophy})$$
$$= 1.000\ 043\ (\text{Ochem})$$

நீரகத்தின் ஓரணுவும், உயிரகை-16 அணுவின் 16-ல் ஒரு பாகமும், கரி-12-ல் 12-ல் ஒரு பாகமும் ஏறத்தாழ ஒரே நிறை மதிப்பு உடையனவே! எனினும் H அல்லது O அளவனை விட ${}^{6}_{12}$C-அளவனைப் பயன்படுத்தினால் பெரும்பாலான ஓரிடணுக் களின் அணுநிறை முழு எண்ணாகத் திகழும். இதற்காகவே இம் மாற்றங்கள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

2. 3. காலவிடை
TIME INTERVAL

சேவற் கோழியுண்டு காகம்உண்டு—வானம்
செக்கச் சிவந்து தெரிவதுண்டு
மேவுபொன் னே! அதி காலைதெரிந்திட
வேறு கடிகாரம் வேண்டுமோடி?*

கடிகாரம் வாங்கித் தரச்சொல்லி அடம்பிடிக்கும் மகளை அமைதிப்படுத்தத் தாய் கூறுவது சரி. ஆனால் இந்த நிகழ்ச்சி களைக் கொண்டு—ஒரு நொடியில் இலட்சத்தில் ஒரு பங்குக் காலத்தைத் தவறவிட்டால் கூட வானவெளிக் கூண்டுகள்

* கவிமணியவர்களின் பாடல்.

எங்கெங்கோ தடமாறிச் சென்றுவிடும் இக்காலத்தில்—காலக் கணிப்பை மேற்கொள்ள இயலுமா, என்ன?

அக்காலத்தில் காலம் என்பது என்னவென்று கருதினர்? 'இரு நிகழ்ச்சிகளுக்கு இடைப்பட்டது காலம்' என்பர். நேர்வு (=நிகழ்ச்சி, பொருத்தம்) என்பது நேரத்தைக் குறித்தது. அரிஸ்டாட்டில் (கி.மு. 384—322) காலத்தை 'இயக்கத்தின் எண்ணிக்கை' என்றார். இக்காலத்தில் அதிர்வுகளின் எண்ணிக்கை (T^{-1}யின்) மூலம் காலத்தை வரையறுப்பதை இது ஒத்துள்ளது. காட்பிரைடு வில்ஹெல்ம் லீப்னிட்ஸ் (1646-1716) என்பார், 'வெளி என்பது உடன் இயைவுக்கான அனைத்துத் தொடர்புகளின் சாரம்; காலம் என்பது வரிசை முறைக்கான அனைத்துத் தொடர்புகளின் சாரம்'* என்றார். பூதவியலரோ, 'கடந்த காலத்தில் இருந்து வருங்காலம் வரை—அறிந்த வரம்புக்குள் அடங்காது நீண்டு, தனித்த உணர்வுகள் மற்றும் பொருள்களின் மாற்றங்களைப் பிரித்துக் காட்டக்கூடியதும், தெரிந்த—ஆயினும் புதிரான ஒரு-பரிமான ஏதோ ஒன்றுதான் காலம்' எனக் கருதுவர்.†

2.3.1. வானவியலும் காலக்கணிப்பும்

காலக்கணிப்பை மேற்கொண்டவர்கள் முது பழங்கால வானியலார்கள்தாம். வானியல் நாகரிகம், எகிப்தியர்களுக்கும், அசிரியர்களுக்கும் பின்னர் கிரேக்கர்களுக்கும் உரித்தானது எனக் கருதிவந்தனர். ஆனால் சிலேட்டர் (Slator) முதலான அறிஞர்களும், கணிப்பான்களைத் (Computers) துணைக்கொண்டு சிந்து சமவெளி எச்சங்களை ஆய்ந்த பர். அசுக்கோ பாற்போலாவும்‡ ஆய்ந்தறிவித்த கருத்துகள், 'உலகில் முதன்முதல் வானியலை உருவாக்கி வளர்த்தவர்கள் தமிழரே' என்றும், 'தமிழரிடம் இருந்தே வானியற்கலை உலகம் எல்லாம் பரவிற்று' எனவும் அறிவியல் அடிப்படையில் நிறுவுகின்றன.

7 நாட் கிழமையும், 30 நாள் மாதமும், 12 மாத ஆண்டும் கால அளவீட்டில் பதினக் கணக்கிட்டாலும் மாற்ற இயலாத 60-கணக்கீடும் தமிழரிடத்தில் இருந்தே எல்லா நாடுகளுக்கும்

* 'Space is the abstract of all relations of coexistance; Time is the abstract of all relations of sequence.'

† Barton: Analytical Mechanics (1911)

‡ 2.8.1. Dr. Asko Parpola: First Announcement, (1969)

பரவியுள்ளதை அசைக்கவியலாத மொழிநூற் சான்றுகள் உறுதிப்படுத்துகின்றன.*

2.3.2. தமிழ்நாட்டில் காலக்கணிப்பு

பழந்தமிழர் சூரியமான ஆண்டையே பெரிதும் கடைப்பிடித்தனர். மதிமான ஆண்டும் வழக்கத்தில் இருந்தது. பூமி, சூரியனை ஒருமுறை சுற்ற ஆகும் காலத்தை ஓராண்டு என்று கொண்டு, அது ஆறு பெரும்பொழுதுகளாகப் பகுக்கப்பட்டது. அவையாவன : கார், கூதிர், முன்பனி, பின்பனி, இளவேனில், முதுவேனில். ஒரு பெரும்பொழுதுக்கு இரு மாதங்கள் என ஆண்டுக்குப் பன்னிருமாதங்கள். பண்டைத் தமிழரின்

'ஆண்டு = 365 நாள் 15 நாழிகை 31 விநாடி 15 தர்ப்பரை' என்பர்

= 365.258 68 நாள்

≃ 365.256 நாள் =

சூரியனின் அடுத்தடுத்த இரண்டு உச்சிப்பொழுதுகளுக்கு இடைப்பட்டது ஒரு பக்கல்.† பக்கலும் ஆறு சிறுபொழுதுகளாகப் பகுக்கப்பட்டது. பழந்தமிழர் கால அளவீட்டை இன்று நாம் அறியும் வகை வருமாறு :

60 தர்ப்பரை	=	1 விநாடி
60 விநாடி	=	1 நாழிகை
60 நாழிகை	=	1 நாள்
$2\frac{1}{2}$ நாழிகை	=	1 ஓரை
$3\frac{3}{4}$ நாழிகை	=	1 முழுத்தம்
$7\frac{1}{2}$ நாழிகை	=	1 சாமம்
8 சாமம்	=	1 பக்கல்
7 பக்கல்	=	1 கிழமை
15 பக்கல்	=	1 பக்கம்
30 பக்கல்	=	1 மாதம்
6 மாதம்	=	1 அயனம்
2 அயனம்	=	1 ஆண்டு

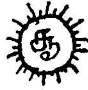
வேறொரு வகையான காலக்கணக்கைக் பின்வரும் வெண்பாக்கள் உணர்த்தும்:

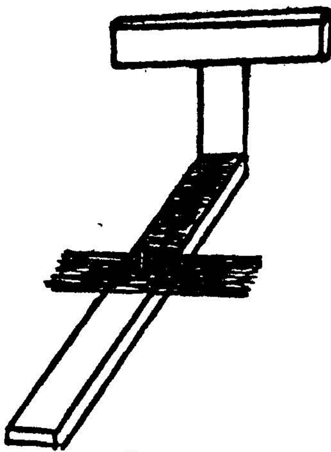
* 2.3.1. பேரா, ஞா. தேவநேயப்பாவணார்: பண்டைத் தமிழர் நாகரிகமும் பண்பாடும்.

† 2.3.2. பழங்காலத்தில் நாள் என்பது பகலை மட்டுமே குறித்தது. (எ-டு) நாளங்காடி, அல்லங்காடி, பின்னர் நாள் என்பது ஓர் இரவையும் ஒரு பகலையும் சேர்த்த பக்கலைக் குறிக்கலாயிற்று.

'நிமை, நொடி, மாத்திரை, நேர்முற் றிதனை
இணை குரு, பற்றும் உயிர், என்றார் ; —அனையஉயிர்
ஆறு சணி கம், ஈரா(று) ஆகும் வி.நாடி தான்
ஆறுபத்தே நாழிகை ஆம்.'

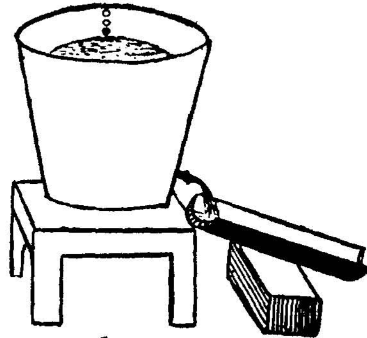
'நாழிகை ஏழரை நற்சாமம் தான்நாலாம்
போழ்தாகும் காணாய் பொழுது இரண்டாய்த்—தோழீ!
தினம் ஆகி முப்பது திங்கள்ஆய்ச் சேர்ந்த(து)
இனம்ஆனது ஈராறுஆண்(டு) ஏ!'





நிழற்கடிகை

படம் 14

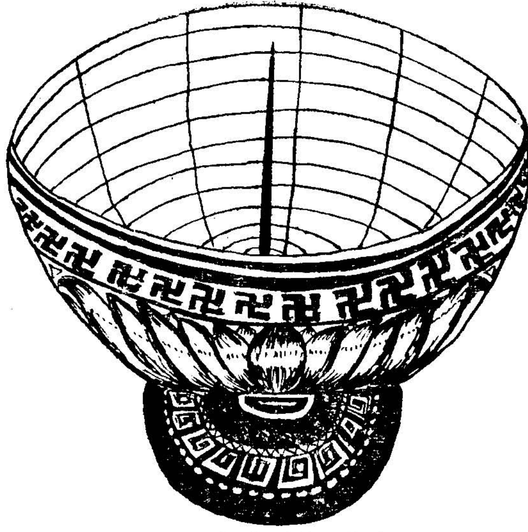


நீர்க்கடிகை

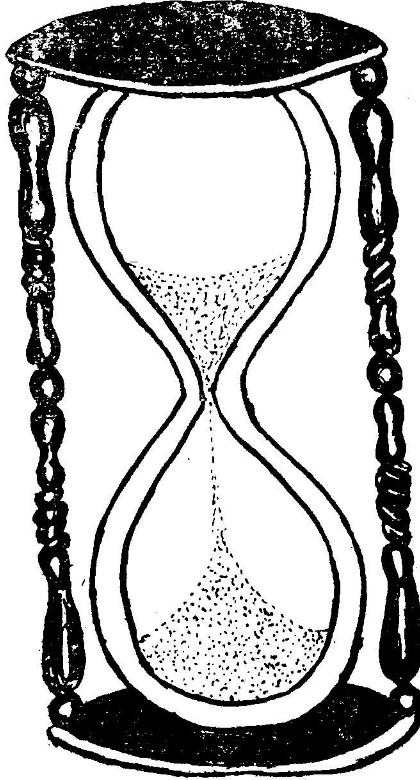
படம் 15

பழந்தமிழரின் பக்கல் (= நாள்) நண்பகலில் தொடங்கி நண்பகலில் முடிவுறும்.* இத்தகைய ஒரு வழக்கமே பெரும்

*சான்று : 1. 'நடுநாள் யாமத்தும் பகலும் துஞ்சான்' (புறம்: 184)
2. யாம நடுநாள் துயில் கொண்டொளித்த (கலித்தொகை 122)
3. 'நடுநாள் வாரல் வாழியோ' (குறுந்தொகை) என்பனவற்றில் நடுநாள் என்பது நள்ளிரவைக் குறிப்பதால் நாள்தொடக்கம் நண்பகல் என்பது வெளிப்படை



படம் 16. சீர்திருத்திய நிழற்கடிகை



படம் 17. மணற் கடிகை

பாலான உலகநாடுகளில் 1925 வரை நடைமுறையில் இருந்து வந்தது. அதன்பின்னரே 'நாள்'-தொடக்கம் நள்ளிரவில் தொடங்கியது.

2.3.3. உலகத்தின் கடிகைகள்

ஒரு நாழிகையையும் அதன் பகுதிகளையும் அளக்க நிழற் கடிகை (sun dial), நீர்க்கடிகை (water dial), மணற்கடிகை (sand glass) முதலான பல்வேறு கடிகைகள் நாகரிகமுற்ற நாடுகளில் எல்லாம் பயன்பட்டு வந்தன. எகிப்தியர் பயன்படுத்திய இத்தகைய கடிகைகள் படங்களில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

மணிகளைக் குறிக்க இவற்றில் கோடுகள் வரையப் பெற் றிருந்தன. படம் 16-ல் காட்டியுள்ள நிழற்கடிகை மிகவும் சீர்திருத்தம் உற்ற ஒன்றாகும்.

பழந்தமிழ் நாட்டில் 'பொழுது அளந்து அறியும் பொய்யா மாக்கள்' எனப்படும் நாழிகைக் கணக்கர்கள். 'குறுநீர்க் கன்னல் * இனைத்து' என்று உரைத்து நேரம் அறிவிப் பார்கள். இவர்கள் நேரம் அறிவிப்பது கேட்க வேடிக்கையாய் இருக்கும் :

> 'பூமென் கணையும் பொருசிலையும் கைக்கொண்டு
> காமன் திரியும் கருவூர—யாமங்கள்
> ஒன்றுபோய் ஒன்றுபோய் ஒன்றுபோய் நாழிகையுள்
> ஒன்றுபோய் ஒன்றுபோய் ஒன்று'†

அஃதாவது, 3 சாமங்களும் 3 நாழிகைகளும் கடந்தனவாம்! தற்போதைய கணக்குப்படி இரவு 10 மணி 12 நிமையம்.

இவை நிற்க. இனி இக்காலக் காலக்கணிப்புக்கான அடிப் படைகளை அறிவோம்.

2.3.4. காலக்கணிப்பு

காலக்கணிப்புக்குப் பயன்படும் மூன்று வழிமுறைகள் ஆவன:

* 2.3.3 : குறுநீர்க் கன்னல் என வழங்கப்பெறும் நீர்க்கடிகைக்கான நாழிகை வட்டிலின் அமைப்பு :

> 'மட்டாறு விட்டம் விரலிட்டு வன்செம்பு
> கொட்டார் பதின்பலமாம் கொள்ளுமுனை—கட்டாணி
> நால்எட்டு நால்மாப்பொன் நாலுவிரல் நாழிகையின்
> பால்வட்டில் பாதிமதிப்பு ஆம்.' (கணக்கதிகாரம்: 13)

† 2.3.4: சிலப்பதிகாரம்: அடியார்க்குநல்லார் உரை.

(1) பூமி தன்னைத்தானே ஒரு முறை சுற்றுவதற்கு ஆகும் நேரம் ஒருநாள் என்ற அடிப்படை

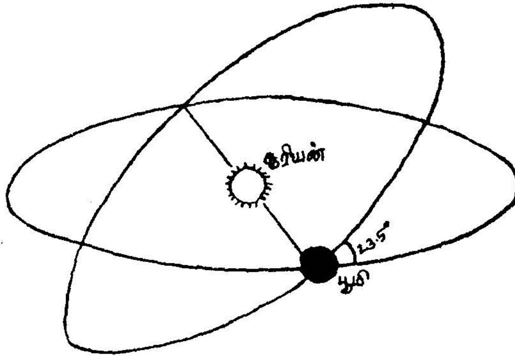
(2) சூரியன் சித்திரை (மேழவீடு) விசு அச்சுத்தளத்தின் ஊடாக அடுத்தடுத்துச் செல்லும் காலம் ஒரு சூரிய ஆண்டு என்ற அடிப்படை

(3) அணுக்கடிகைகளின் (atomic clocks) காலமுறை அதிர்வு நிகழ்வு.

2.3.4. (1) பூமிச்சுழற்சியின் காலம்

மெட்ரிக் அளவைமுறையை முன்னுரைத்தவர்கள், காலத்துக்கான அடிப்படையலகை வரையறுக்காதது கேள்விக்குரியதே. அதனை வானியலாருக்கே விட்டுவிட்டனர் போலும்! வானியலார்கள், பூமி தன்னைத்தானே ஒரு முறை சுற்றுவதற்கான காலத்தை நாள் (பக்கல்)* என்றும், அதனை 24 மணிகளாகவும், 1 மணியை 60 நிமையங்களாகவும் (minutes), 1 நிமையத்தை 60 நொடிகளாகவும் பகுத்து வழங்கிவந்தனர். எனவே நடுமதிப்புச் சூரிய நொடி (mean solar second) என்பது,

$\frac{1}{24} \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{60} = \frac{1}{86400}$ நடுமதிப்புச் சூரியநாள் ஆகும். இதுவே நுட்பம் மிக்கதாகக் கருதப்பட்டு வந்தது.



படம் 18 காலத்தின் அடிப்படை

2.3.4. (2) உடுச்சார் நொடி

பருவ காலங்கள் 'ஊழிதோறும் ஊழிதோறும் உலகத்தில் ஒரே காலக்கட்டத்தில் மாறாது வரவேண்டுமெனின் சூரிய

* நாள் என்பது பகலை மட்டுமே குறிக்கும். ஒரு பகலையும் ஓர் இரவையும் ஒரு சேரக் குறிக்கும் சொல் பக்கல் (காண்க 2.32).

னையோ அன்றிப் பிற உடுக்களையோ (நட்சத்திரங்களையோ) சார்பாகக்கொண்டு கணிக்கப்பட்ட காலமே பொருத்தம் உடையது. இதன்படி சூரியன் மேழ வீட்டில் (சித்திரை) விசு அச்சுத் தளத்தின் ஊடாக அடுத்தடுத்துச் செல்லும் காலவிடை ஓராண்டு என்று கருதவேண்டும். இதன்படியான இச் சூரியத்திருப்ப ஆண்டு (tropical year)* 365.242'195 நடுமதிப்புச் சூரியநாள் கொண்டதாக அமைகிறது. இது 365 நாள்களும் அல்ல; $365\frac{1}{4}$ நாள்களும் அல்ல என அறிய வேண்டும்.

இதன்படியான உடுச்சார்நொடி என்பது மட்டும் $\frac{1}{86\ 164.0905}$ நடுமதிப்புச் சூரிய நாள் ஆகும்.

2.3.4. (3) அணுக்கடிகைகள் பற்றி 2.3.6-ல் விளக்கப்பெறும்.

2.3.5. ஆண்டுக் கணிப்பு

ஓர் ஆண்டுக்கு 365 நாள் என அறிவோம். ஆனால் 'சூரியத் திருப்ப ஆண்டு' என்பது, 365.242 195 சராசரிச் சூரிய நாள் ஆகும்; ஆகவே, பருவகாலங்கள் எல்லா ஆண்டிலும் மாறாத காலத்தில் வரவேண்டுமெனின், ஓர் ஆண்டை 365.242195 சராசரிச் சூரிய நாள் ஆகக் கொள்ள வேண்டும் என அறிந்தோம்.

சோசிசீன்ஸ் (Sosigenes) என்ற வானியலார் வகுத்தவாறு, ஜூலியஸ் சீசர் (Julius Caesar) அறிவித்த ஆண்டுக் கணிப்பில் 365-க்கு மேல் உள்ள 'சொச்ச நாளின் பகுதி'யை நான்கு ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை ஒரு நாள் கூட்டி 366 எனச் சரிசெய்யப்பட்டது. தற்போதைய 'லீப் பெப்ருவரி'யை எண்ணுக. இதன்படி நூறு ஆண்டுகளில் 25 நாள்கள் சரிசெய்யப்படுகின்றன. ஆனால் சரிக்கட்டவேண்டியதோ 24.219 5 நாள்தாம். இந்தக் குறையை நீக்க ரோசர் பேக்கன் (Roger Bacon, 1214-94) முதலான பல வானியலார்களின் முந்தைய பரிந்துரைப்படி 1582-ல் கிரிகோரி XIII சட்டப்படுத்திய ஆண்டில் 4 நூற்றாண்டுகளைப் பொறுத்த மட்டில் 400 ஆல் வகுபடுவனவற்றுக்கு மட்டுமே ஒருநாள் கூட்டிக் கொள்ளப் பெற்றது. அஃதாவது 1800, 1900, 2000 போன்றவையும் நான்கால் வகுபடுவனவாயினும் இவற்றில் 1800, 1900 ஆகியவை 400 ஆல் வகுபடா. ஆகையால் இவற்றுக்கு 366 நாள்கள் கொள்வதில்லை. 365 நாள்களே கொள்ளப் பெறும். இதனால் ஒரு நூற்றாண்டில் $(100 \times 365) + 25$ நாள்களுக்குப் பதில்

* திருப்பு >GK. tropos.

(100×365)+24 நாள்கள்தாம் ஆனால் நானூறு ஆண்டுகளுகொரு முறை மேலும் ஒரு நாள் கூட்டிக் கணக்கிடப்படும். காள்டாக 2000ஆனது 400ஆல் வகுபடும் ஆதலால் இதற்கு 366 நாட்கள்: அந்த நூற்றாண்டில் (100×365)+25 நாள்கள். இந்த அடிப் படையில் கணக்கிடப்படும் கிரிகோரி ஆண்டுக் கணக்கு தான் தற்போது நடைமுறையில் இருப்பது. கிரிகோரியின் சராசரிச்

$$\text{சூரிய ஆண்டு} = 365\frac{97}{400} = 365.242\,5 \text{ நாள்கள்}$$

இதன்படி 3200 ஆண்டுகளின் பின் 1 நாள் அதிகம் வரும். மற்றப்படி, இந்த கிரிகோரி ஆண்டுத் திட்டம் மிகவும் எளிமை யான, இயல்பான எல்லோரும் ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய ஆண்டுத் திட்டம் ஆகும்.

2.3.6. அணுவியற் காலக்கணிப்பு

வானியல் முறைகளால் கணித்த 'நடுமதிப்புச் சூரியநொடி' நுண்ணிய அளவில் தொடர்ந்து வேறுபட்டுவருவதை, குவார்ட்ஸ் படிகங்களின் ஒத்திசைவுப் பண்புகளால் கட்டுப்படுத்தப் பெற்ற கடிகாரங்கள் காட்டின. 3.15 கோடி நொடிகள் உடைய ஓர் ஆண்டில் மூன்று நொடிகள் (அஃதாவது ஒரு நாளில் கோடியில் ஒரு பங்கு) வேறுபாடு நிலவியது.

பூதவியலிலும், மின்சாரப் பொறித்துறையிலும் ஏற்பட்ட வளர்ச்சியால், அணுக்கள் மற்றும் மூலக்கூறுகளின் ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடையேயான கடப்புகளுடன் (transition) தொடர்புற்ற இயல்பு அதிர்வுகளால் கடிகார ஓட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த முடிந்தது. அணுக்களும், மூலக்கூறுகளும் ஒரு நிலையில் இருந்து அடுத்த நிலைக்குச் செல்லுங்கால், அவற்றின் அலைநிரல் வரிகளில் மிகத் தெளிவான அதிர்வுகளில் மைக்ரோ அலை ஆற்றலை வெளியிடவோ அன்றி உட்கவரவோ செய்யும் என்பது பலகாலமாக அறிந்து வந்ததே. எனினும் இந்த மீயுயர் அதிர்வுகளை, கடிகாரத்தில் பயன்படுத்தும் வழி புலப்படவில்லை. 1940 வாக்கில் ராடாரில் (radar) ஏற்பட்ட வளர்ச்சியால், எலக்ட்ரானிக் அலைவிகளுடன் ஒப்பிட்டு, மைக்ரோ அலைப் பகுதியில் உள்ள இந்தக் கடப்பு அதிர்வுகளை (transition frequency) அளக்க முடிந்தது. அத்துடன் துல்லியம் மிக்க கடி காரங்களைக் கட்டுப்படுத்தவும் முடிந்தது.

இவ்வாறு ஓர் அணு அல்லது மூலக்கூறின் மாறாத அதிர் வைக் கொண்டு நொடியை வரையறுத்து விடலாம் என்பது புலனாகியது.

2.3.7. காலத்தின் படித்தரம்

காலத்தின் படித்தர அலகு 'நொடி'யே (second) முன்னர்க் குறித்த சராசரிச் சூரிய நொடி 1956-க்கு முன்னர் காலத்தின்



படம் 19. சீசியம் கடிகை

படித்தர அலகாகப் பயன்பட்டு வந்தது. 1956-ல் விண்மீனைப் பார்வை யடிப்படையாகக் கொண்டு கணித்த உடுச்சார்

கால (ephemeris time)* நொடி அடிப்படையாகக் கொள்ளப் பட்டது.

2. 3. 8. சூரிய நொடி, உடுச்சார் நொடி மற்றும் அணுநொடி

பூமி, தன்னைத்தானே, சுற்றும்போது அதன் அச்சில் சற்றே அசைவாட்டம் ஏற்படுவதால் பூமியின் சுழற்சிமேனி மாறக் கூடியது. எனவே பூமியின் தற்சுழற்சியால் கணிக்கப்பட்ட சராசரிச் சூரிய நொடி, உடுச்சார் நொடியை விட ஒரு நூற் றாண்டில் பத்துக்கோடியில் ஒரு பாகம் மிகுதியாய் இருக்கிறது என அறியப்பட்டது. மாறாத படித்தரம் தேவையாதலால் பூமி, சூரியனைச் சுற்றுவதில் இருந்து கணிக்கப்பட்ட உடுச்சார் நொடி யைக் (ephemeris second) கைக்கொண்டனர்.

இதன்படி, 1900 ஆண்டில் பூமி, சூரியனை ஒருமுறை 'வலம் வர' ஆகும் காலத்தின் குறித்த பகுதியாக உடுச்சார்நொடி, கைக்கொள்ளப்பட்டுப் படித்தரம் ஆக்கப்பட்டது.

10ஆம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு 1954-இல் அளித்த அதிகாரத்துக்கு இணங்க, அனைத்து நாட்டு வானியல் ஒன்றி யத்தின் (International Astronomical Union) கூட்டுறவுடன் 1956-ல் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுக் குழு (CIPM) வரை யறுத்ததாவது : (உடுச்சார் நேரம் 1900 சனவரி 0, 12 மணி எனக் குறிக்கப் பெறும்). 1899, டிசம்பர் 31, நண்பகல் 12 மணிக்குத் தொடங்கும் திருப்ப ஆண்டில் (tropical year)

$$\frac{1}{31\ 556\ 925.\ 9747} \text{ பாகம்} = 1 \text{ நொடி}$$

சூரிய நொடியை இந்த உடுச்சார் நொடியுடன் தொடர்பு படுத்துவதற்கான ஆய்வுகள், நிலாவை நான்கு ஆண்டுக்காலம் தொடர்ந்து கண்காணித்து 1958-ல் முடிக்கப் பெற்றன. சூரிய நொடிக்கும், உடுச்சார் நொடிக்கும் வேறுபாடு நூறுகோடியில் சில பங்கே ஐயுறவுக்கு இடமாய் இருந்தது. எனினும் எதிர் பார்த்த நுட்பத்தைவிடக் கிடைத்த நுட்பம் மிக அதிகமே.

1948 வாக்கில் சீசியம் (caesium), நீரகம் (hydrogen), தளிரம்† (thalium) முதலான தனிமங்களைக் கொண்ட கடிகா

*2.3.7 : ephemeris time : பூமியின் தற்சுழற்சி நேரத்தைக் கைவிட்டு, கோள்கள் மற்றும் மதியின் இயக்கத்தை அடிப்படையாக கொண்ட இந்தக் கோள்சார் நொடி 'ஐந்திர நொடி' எனவும் அழைக்கப்படும். (ஐந்திரம்= பஞ்சாங்கம்).

† 2.3.8. தமிழ் தளிர்→Greek Thallos இந்தத் தனிமத்தின் அலை நிரலில் தளிர்ப் பச்சை வரிகள் இருந்ததால் இது தளிரம் (thallium) எனப் பெயர் பெற்றது.

ரங்கள் உருவாக்கப் பெற்றன. சீசியம்-133 ஓரிடனு (isotope) இந்தக் காலக் கணிப்புக்கு மிகப் பொருத்தமாய் இருந்தது. இந்த சீசியம் கடிகையின் துல்லியம் இலட்சம் கோடியில் (10^{12}) ஒன்று. அஃதாவது, 6000 ஆண்டுகள் கடந்தாலும்கூட, இக் கடிகை ஒரு நொடிகூடக் கூடவோ குறையவோ காட்டாது. இத்தகைய 10^{12}-ல் 1 பங்கு நுட்பத்தைப் பெறச் சூரியனைச் சுற்றும் பூமியின் இயக்கத்தை 10 கோடி ஆண்டுகள் தொடர்ந்து கண்காணித்து, அளவிட்டு, காலவிடையின் படிதரத்தைக் கணக்கிட வேண்டியதிருக்கும்!

இதைவிட நூறுமடங்கு நுட்பம் மிக்க கடிகைகளை உருவாக்கத் தொடர்ந்த ஆராய்ச்சிகள் நடந்து வருகின்றன.

2.3.9. காலப் படித்தரம்—வரையறை

1960-ல் கூடிய பதினோராம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு (CGPM) நிறைவேற்றிய தீர்மானம் ஆவது :

தீர்மானம் 9 (காலவிடை அலகின் வரையறை)

பதினோராம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு

காலத்தின் அடிப்படையலகு-வரையறை பற்றி ஒரு முடிவுக்கு வருமாறு அனைத்துநாட்டு அளவீட்டுக் குழுவுக்குப் (ICPM) பத்தாவது அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு அளித்த அதிகாரத்தையும் அனைத்துநாட்டு அளவீட்டுக்குழு 1956 கூட்டத் தொடரில் எடுத்த முடிவையும் கருத்தில் இருத்தி

திருப்ப ஆண்டு (tropical year) 1900, சனவரி 0-ல் 1/31 556 925. 9747 பகுதி 1 நொடி
என்ற வரையறையை உறுதி செய்கிறது.

இந்த உடுச்சார் நொடி, சராசரிச் சூரிய நொடியைவிட நுட்பம் உடையது எனினும்,

(1) இது இயற்கைப் படித்தரம் அன்று.

(2) நிலாவின் இருப்பிடத்தைத் தொடர்ந்து கண்காணித்து அதன் சராசரியைக் கொண்டு, 50 ஆண்டுகளுக்கு முற்பட்ட ஓர் ஆண்டின் சராசரிச் சூரிய நொடியை மேற்கொள்ளச் செய்கிறது.

(3) இதன் மீளாக்கம் (reproduceability) நூறு கோடியில் 2 பங்கு ($2/10^9$). அஃதாவது குவார்ட்சு அலைவிக் கடிகையைவிட 10 மடங்கும் சீசியம் கடிகையைவிட 100 மடங்கும் தாழ்ந்தது.

என்ற குறைபாடுகளால் இது கைக்கொள்ளத்தக்கதன்று என்று அறிந்து அதே அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு தீர்மானித்ததாவது :

தீர்மானம் 10

பதினோராம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு

ஓர் அணு அல்லது மூலக்கூறின் இரு ஆற்றல் மட்டக் கடப்புகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு, காலவிடையின் படித்தரத்தைப் பெற இயலும் என்றும், அது மிகுந்த நுட்பத்துடன் மீளாக்கம் (reproduction) செய்வதற்கு இயலும் என்றும் தகுதிமிக்க ஆய்வகங்கள் கடந்த சில ஆண்டுகளில் பெற்றுள்ள செய்முறை முடிவுகளைப்

பாராட்டி

மிகுநுட்ப அளவியலின் தேவைக்கு, காலவிடைக்கான அத்தகைய அணுப்படித்தரம் இன்றியமையாதது என்பதைக் **கருதி**

அக்கறைமிக்க இந்த அனைத்துநாட்டு நிறுவனங்களுடன் காலத்தாழ்த்தமின்றிக் கூடி உழைக்குமாறும், இதைப்பற்றிப் 12ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு ஒரு தீர்மானத்தை மேற்கொள்ள வகை செய்யுமாறு இப் பணியை இணக்கம் உறுத்துமாறும் அனைத்துநாட்டு அளவீட்டுக் குழுவை

வேண்டிக்கொள்கிறது.

1964-ல் கூடிய 12ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாட்டில் நொடியின் வரையறை மீண்டும் கருத்துக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. எனினும் SI நொடிக்குத் தாற்காலிகமாக வானியல் வரையறையே மேற்கொள்ளப்பட்டது. அதே சமயம் அணு நொடிக்கு 'இளவரசுப்பட்டம்' கட்டுப்பட்டு, அணு நொடி காலவிடைக்கும், அதிர்வுக்கும் ஆன நடைமுறை அலகின் தாற்காலிகப் படித்தரம் ஆகக் கொள்ளப்பட்டது.

'அடி நிலையில் ($M_F = 0$) இருக்கும் சீசியம்-133 அணுவில் இரு மீநுண் ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு ($F=4$, $F=3$) இடையிலான கடப்புக் கதிர்ப்பின்-அஃதாவது

$(F=4,\ M_F=0) \rightarrow (F=3,\ M_F=0)$-

9 192 631 770 சுற்றுகளுக்கு ஆகும் நேரம்' நொடி என வரையறுக்கப்பட்டது. 1967 அக்டோபரில் கூடிய 13 ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாட்டில் காலயிடைக்கான இந்த அனைத்து நாட்டு வரையறை மேற்கொள்ளப்பட்டது.

ஆக, நீளமும் காலவிடையும் இயற்கையோடு இயைந்த படித்தரங்களைப் பெற்றுவிட்டன. அவையும் அலைநீள (அதிர்வு) வழியில் அமைந்து விட்டன. மீட்டரில் பத்துலட்சம் அலை நீளம் உள்ள கரப்பன்-86 அணு, நீளத்துக்கும் மீட்டரில் 33 அலைகளே உள்ளதான மைக்ரோ அதிர்வைக் கதிர்க்கும் சீசியம் -133 காலவிடைக்கும் படித்தரம் ஆகக் கைக்கொள்ளப்பெற்றன.

2.3.10. காலவிடை அலகின் பதின்மை

நெடுங்காலமாகக் 'காலவிடையை வானியலாருக்கே உரிமை யாக விட்டுவிட்ட அளவீட்டுத் துறையினர், பின்னர் வானி யலார் வரையறுத்த அலகுகளையே மேற்கொள்ள வேண்டிய தாயிற்று. 60 நொடி = நிமையம்; 60 நிமையம்=1 மணி; 24 மணி= பக்கல் (நாள்); 365.2425 நாள்கள் = 1ஆண்டு-எனப் பதினமுறைக்குச் சிறிதும் தொடர்பற்ற வாய்பாடுகளை மேற் கொள்ள வேண்டியிருந்தது. எனினும் நொடியின் உட்பிரிவு களைப் பதினமுறையாலேயே மில்லிநொடி, மைக்ரோநொடி, நேனோநொடி எனப் பகுத்துக் கொண்டனர்.

1900-ல் கூடிய காலவிடை அளவீட்டுக்கான அனைத்து நாட்டு மாநாட்டில், 1 நாள்-ஐ 100 டிகிரே (degre) யாகவும், 1 டிகிரே-யை கிரேடுகள் (grade) ஆகவும், கிரேடு-வை டெசி கிரேடு (decigrade-minute premiera), சென்டிகிரேடு (centigrade-minute second) 1 மில்லிகிரேடு (milligrade-moment), டெசிமில்லி கிரேடு (decimilligrade-instant) -ஆகப் பகுக்கலாம் என்பது பற்றி ஆயப்பெற்றது. ஆயினும் நொடியின் பேரெண்மானத்தையும் அருமுயற்சியாகப் பதினப்படுத்திய இந்தத் திட்டம் ஏற்றுக் கொள்ளப் பெறவில்லை.

2.4. வெப்பநிலை

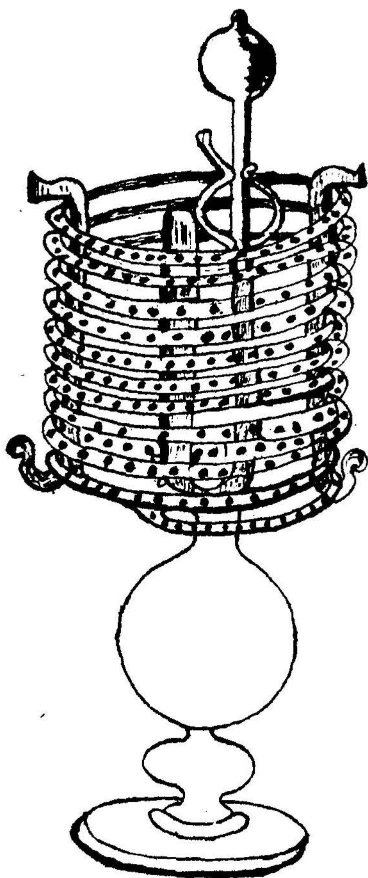
(Temperature)

வெப்ப இயலுக்கான சிறப்புக் கணிசம் வெப்பநிலை ஆகும். நீளம், நேரம், நிறை, வெப்பநிலை என்ற நான்கு கணிசங்களைக் கொண்டே விசையியல், வெப்பவியல் மட்டுமல்லாமல் ஏனைய எல்லா இயல்களையும்கூட அளந்துவிடலாம். இந்த வெப்ப நிலை பற்றிய கருத்துக்கான வரலாற்றை நோக்குவோம்.

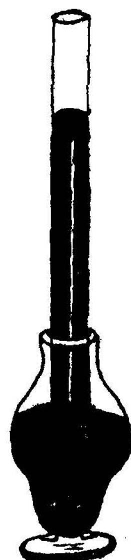
2.4.1. சூடும் குளிர்ச்சியும்

ஒப்புமையில்தான் உலகமே அடங்கியிருக்கிறது. சூடு, குளிர்ச்சி என்ற சொற்களே தொடக்கத்தில் வெப்பநிலைகளைக்

குறித்தன; இன்றும் மேம்போக்காகக் குறித்து வருகின்றன. சுடுசோறு, குளிர்நீர் (தண்ணீர்) என்பன நமது தொடுவுணர்ச்சிக்குச் சூடு உடையதாகவும், குளிர் உள்ளதாகவும் தோன்றுகின்றன. தொடக்கக்காலத்தில் வெப்பநிலையை உணர்த்தியது



படம் 20 கலிலியோ வெப்பநிலை காட்டி—1



படம் 21 கலிலியோ வெப்பநிலை காட்டி—2

நமது தொடுஉணர்ச்சிதான். இதனை வெப்பநிலை அளவன் (temperature scale) என்று கூறமுடியாது; எனினும் வெப்பநிலை உணர்த்தி (thermoscope) என்று ஒருவாறு கூறலாம். இதில் மூன்றே அளவுகள்தாம் உள்ளன: (1) உடல்வெப்ப நிலை,

(2) உடல் வெப்பநிலையை விட உயர்ந்த வெப்பநிலை, (3) உடல் வெப்பநிலையை விடத் தாழ்ந்த வெப்பநிலை.

சூடு, குளிர்ச்சி என்ற இரண்டை அளப்பதில் கூட, இந்த மெய்யுணர்வு (மெய் = உடல்) வெப்பநிலைமானி உண்மையில் பொய்யுரைக்கக் கூடியது. வெதுவெதுப்பு மிகுந்த நீருள் கையைவிட்டு அது சூடானது என்போம். உடனே வெதுவெதுப்புக் குறைந்த (ஆனாலும் சூடான) நீருள் கையை விட்டால் அது குளிர்ச்சியாகத் தோன்றும். மேலும், ஒரு பொருளைத் தொட்டுக்கொண்டே யிருப்பதால் அப் பொருளுக்கும் உடம்புக்கும் இடையில் வெப்பம் கடத்தப்பட்டு அதன் வெப்பநிலையில் வேறுபாடு விளையும். எனவே இந்த முறை நுட்பம் இல்லாதது மட்டுமன்றி நம்பத்தகுந்ததும் அன்று.

2.4.2. முதல் வெப்பநிலை 'மானி'

வெப்பநிலையை அறிவிக்கக்கூடிய கருவியை முதன்முதல் உருவாக்கியவர், புகழ்பெற்ற இத்தாலிய அறிஞரான கலீலியோ கலீலி (Galileo Galilei, 1564-1642)ஆவார். எதையும் ஆராய்ச்சிக் கண்ணோடு கூர்ந்துநோக்கும் நுண்மாணுழைபுலம் மிக்க கலீலியோ வெப்பத்தால் பொருள்கள் விரிவடைவதைக் கண்டார். நீர் விரிவடைவதை விட, காற்றுமிகுந்த அளவில் விரிவடைகிறது. வெப்பநிலையால் காற்றில் ஏற்படும் விரிவின் அளவைக்கொண்டு வெப்பத்தின் நிலையை (degree of hotness) அளக்கலாம் என நுனித்தறிந்தார், கலீலியோ.

கலீலியோ, காற்றுள்ள ஒரு பெரிய குடுவையுடன் நீர்நிரம்பிய குழாய் ஒன்றை இணைத்தார். குடுவை வெப்பமுற்றபொழுது குடுவையுள் உள்ள காற்று விரிவடைந்து, குழாயில் உள்ள நீரை உயரத்தள்ளியது. குழாயில் உள்ள நீரின் உயரம் வெப்பநிலையைக் குறித்தது. இந்த வெப்பநிலை 'மானி'யை கலீலியோ 1592-ல் பாடுவாப் (Padua) பல்கலைக்கழகத்தில் உருவாக்கினார். அக்காலத்தில் வெப்ப நிலையை அளக்கத்தக்க அளவன் (scale) ஒன்றும் உருவாகவில்லை யாதலால், இதனை வெப்பநிலைமானி என்று கூறுவதைவிட வெப்பநிலை காட்டி (thermoscope) என்று கூறுவது பொருந்தும். பின்னர் 1597-ல் இந்தக் காற்று வெப்பநிலை காட்டியில் நீருக்குப்பதிலாகச் சாராயத்தைப் (alchohol) பயன்படுத்தித் திருத்தியமைத்தார்.

இந்த முதல் வெப்பநிலை காட்டியில் நீரின் உயரம், வெப்பநிலைக்குத் தக்கவாறு மட்டுமன்றி, சுற்றுப்புறக் காற்று மண்டலத்தின் வளிநிலை வேறுபாட்டுக்குத் தக்கவாறும் மாறியது.

எனவே இது, வெப்பநிலையை அறிவிக்க, நம்பத்தகுந்ததாய் இல்லை. இக் குறைபாட்டை நீக்கி நீரத்தின் விரிவால் அளக்கத் தக்க முதல் வெப்பநிலைமானியை பிளாரன்சைச் (Florence) சேர்ந்த ரீனியெரி (Rinieri) என்பவர் 1646-ல் உருவாக்கினார்.

ரீனியெரி வெப்பநிலைமானிப் பொருளாகச் சாராயத்தைப் பயன்படுத்தினார். சுற்றுப்புற நிலவளி அழுத்த (surrounding atmospheric pressure) வேறுபாடுகள் வெப்பநிலை அளவைப் பாதிக்காதவாறு, வெப்பபநிலை'மானி' நுண்புழைக் குச்சியைக் காற்றுப் புகாமல் உருக்கி ஒட்டினார்.

2.4.3. வெப்பநிலைமானி நீரம்-இதளின்-சிறப்பு

பாதரசம் என்ற இதள் (mercury), வெப்பநிலைமானி நீரம் ஆகப் பயன்படத் தொடங்கியதில் இருந்து வெப்பநிலைமானி இயல் (thermometry) பெருவளர்ச்சியுற்றது. இதளின் பருமவிரிவு ஏனைய நீரங்களை விடக் குறைவாய் இருப்பினும் கூட (நீரின் பருமவிரிவு 2.1×10^{-4}/K ; இதளின் பரும விரிவு 1.82×10^{-4}/K) அதன் தனிச்சிறப்பியல்புகள் சிலவற்றால் சிறந்த வெப்ப நிலைமானி நீரம் ஆகத் திகழ்கிறது:

(1) ஒளிபுகாத் தன்மையும் பளபளக்கும் வெண்ணிறமும் கண்ணாடியுள் எளிதாக அளப்பதற்கு வகை செய்தன.

(2) கண்ணாடியில் ஒட்டாமை.

(3) இதன் தனிவெப்பக் கொண்மை (specific heat capacity $C = 140$ J Kg^{-1} K^{-1}) மிகமிகக் குறைவு. எனவே இது ஈர்க்கும் வெப்ப அளவு மிகக் குறைவு. அளக்கும் கருவியே வெப்பத்தை—அகப்பையே சோற்றை உண்பதைப் போலச் (!)— 'சாப்பிட்டு' விடக் கூடாதல்லவா !

(4) இதன் உறைநிலை — 38.8°C ; கொதிநிலை 356°C எனவே 0°C → 300°C வரை நம்பகமாக அளக்கலாம்.

(5) இதன் வெப்பக் கடத்தம் (thermal conductivity) மிகமிக அதிகம் ($\lambda = 7.96$ W m^{-1} K^{-1}). எனவே இது, தொடர்புற்றிருக்கும் பொருளின் வெப்பநிலையை விரைந்து அடைந்துவிடுகிறது.

6. இதன் விரிவு சீரானது ; இதன் ஆவியழுத்தத்தால் (vapour pressure) இது பாதிக்கப்படுவதில்லை.

2.4.4. வெப்பநிலை அளவன் பாரனீட் அளவன்

இதளின் சிறப்பியல்புகளால் 1670 முதல் வெப்பநிலைமானி நீரமாக இதள் பயன்பட்டு வந்தது. உப்பசால (Uppasala) வில் வாழ்ந்த லின்னாஸ் (Linnaes) என்பவர் 1737க்கு முன்பே இதள் வெப்பநிலைமானி ஒன்றைப் பயன்படுத்தி வந்தார். இருந்தும், இதளைச் சரியாகத் தூய்மைப்படுத்த இயலாமை, அதன் பயன் பாட்டுக்குத் தொல்லையாகவே இருந்தது. இறுதியில் 1714-இல் இத்தகைய இதள் வெப்பநிலைமானியை கேபிரியல் தேனியல் பாரனீட் (Gabriel Danial Fahrenheit (1686-1736) என்ற செர்மனி தேசத்துக் கம்மியர் உருவாக்கினார். இவர் 1724-ல் தோலின் ஊடாக வடித்து, இதளைத் தூய்மைப்படுத்தும் வழிமுறையைக் கண்டறிந்தார். இவை யாவற்றையும் விட வெப்பநிலைமானி அளவீட்டில் பாரனீட் செய்த சிறப்புப்பணி, திட்டவரைகளைப் (fixed points) பற்றிக் கருத்து அறிவித்து வெப்பநிலை அளவன் (thermometric scale)-ஐ உருவாக்கிய தாகும்.

பாரிஸ் அரையக் கழகம்*(Royal Society) வெளியிட்ட அறிவி யல் வரலாற்றில் (History of the Sciences) 'தூய பனிக்கட்டி யுடன் உள்ள தூயநீர் உறையும் நேரம் முழுக்க, அவரது வெப்ப நிலைமானியின் இதள் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலேயே மாறாமல் இருக்கிறது' (பின்னர் 32°F) ; அவ்வாறே நீர் கொதித்ததில் இருந்து முழுக்க ஆவியாகும்வரை அது ஒரு குறித்த இடத்திலேயே மாறாமல் இருக்கிறது. (பின்னர் 212°F) எனக் கண்டறிந்து தெரிவித்தார். இவ்வாறு, வெப்பநிலை அளவனையும் திட்ட வரையையும் பற்றிய ஒரு கருத்து அவருக்கு உருவாகி வந்தது. (எனினும் இப்போதுள்ளவாறே நீரியின் உறைநிலையைக் கீழ்த் திட்டவரையாக வரையறுத்தவர் நியூட்டன் (1701) என்றும்; நீரின் கொதிநிலையை மேல்திட்டவரையாக வரையறுத்தவர் ஹால்லே (Halley) என்றும் கூறுப்பட்டு வருகிறது.)

பாரனீட், பனிக்கட்டி-உப்புக் கலவை காட்டிய மிகத் தாழ்ந்த வெப்ப நிலையைக் கீழ்த்திட்டவரையாகவும், இயல்பான உடல்நலம் உள்ள மாந்தனின் குருதி வெப்பநிலையை மேல்திட்ட வரையாகவும் கொண்டு, இடைப்பட்ட உயரத்தைப் 12 சம பகுதிக ளாகப் பிரிக்கலாம் என்று பரிந்துரைத்தார். பின்னர் அதனை அளவீட்டு வசதிக்காக (12×8=) 96† சமபகுதிகளாகப் பிரித்தார்.

* இந்தக் கீழ்த்திட்டவரையை சுழி (0°F) யாகவும், இந்த மேல்திட்ட வரையை 100°F ஆகவும் கொண்டதாகக் கூறுவர்.

† தமிழ் : அரசன் - அரைசன்-அரையன் - Telugu. rayalu→ F. roi-royal

பாரனீட் பயன்படுத்திய வெப்ப நிலைமானி இன்றுபோல் அன்றும் நீரின் கொதிநிலையை 212°F-எனக் காட்டினாலும் கூட, அவரது தொடக்கத் திட்டவரையான மாந்தனின் உடல் வெப்ப நிலையை 98-க்கும் 99-க்கும் இடையில்தான் காட்டுகிறது. அவரது கணக்குப்படி 96 காட்டவேண்டும். இது அவர் பயன்படுத்திய வெப்ப நிலைமானிப் புழையின் குறைபாடாக இருக்கலாம்.

2.4.5. ரோமர் அளவன்

ரோமர் (R. A. E. de Reaumur 1683-1757) என்ற பிரெஞ்சுக் காரர், சாறாய-நீர்க் கலவையை வெப்பநிலைமானி நீரம் ஆகப் பயன்படுத்தினார். அவரது வெப்பநிலைமானியில் வெப்பத்தால் இந்தக் கலவை விரிவடையும்போது நீரின் உறைநிலையை 1000 'நீளஅலகாக' அவர் வரையறுத்துக்கொண்டார். நீரின் கொதிநிலையை ஆய்ந்தபோது, அது அவரது வெப்பநிலைமானி யில் 1080 நீள அலகுகளைக் காட்டிற்று எனவே இடைப்பட்ட 80 (1080-1000) நீள அலகுகளைத் தமது வெப்பநிலைமானிப் பாகை களாகக் கொண்டார். ரோமர் 1730இல் இந்த வெப்பநிலைமானி அளவனைப்பற்றித் தெரிவித்தார்.

2.4.6. செல்சியசு அல்லது நூற்றுப்பாகை அளவன்

இந்த நீரின் உறைநிலை-கொதிநிலை இடைவெளியை நூறாகப் பிரித்த அளவனைப் பரிந்துரைத்தவர் உப்பசாலாவில் வாழ்ந்த ஆண்டர் செல்சியசு (Ander Celcius 1701-1744) என் பவர் ஆவார். இந்த இடத்தில் வாழ்ந்த லின்னாஸ் என்பவர் 1737க்கு முன்பே இதள்-வெப்பநிலைமானியைப் பயன்படுத்தி வந்தார் என அறிவோம். (காண்க 2.4.4.)

செல்சியசு, நீரின் கொதிநிலையைச் சுழி (Zero) யென்றும், உறைநிலையை 100 என்றும் கொண்ட ஓர் அளவனை உருவாக் கினார். இந்த அளவனை 1743-ல் J. P. கிறிஸ்டன் (J. P. Christen, 1683-1735) என்பார் தலைகீழ்த்தார். அஃதாவது நீரின் உறைநிலையைச் சுழியென்றும் கொதிநிலையை 100 என் றும் மாற்றினார். எனவே இந்த அளவன் நூற்றுப்பாகை அளவன் (centigrade scale) எனப்பட்டது.

பத்தின் மடங்குகளாக உள்ள எந்த அளவுத்திட்டத்தையும் போற்றி வரவேற்ற பிரெஞ்சுக்காரர்கள் இந்த நூற்றுப்பாகை

* 2.4.6. பிரெஞ்சு மக்கள் தமது மொழியின் தனித்தன்மையும், தூய்மையும் சிறப்பும் பாதுகாக்கப்படவேண்டும் என்பதில் கண்ணும் கருத்துமாக உள்ளவர். பிறமொழிச் சொற்களைக் கலந்து எழுதுபவருக்கு அந்த அரசே தண்டனை அளிக்கிறது.

(centigrade) அளவனை மிகமகிழ்ந்து ஏற்றுக்கொண்டனர். எனினும், இந்த சென்டிகிரேடு (centigrade) மொழியியலில் ஒரு சிக்கலை விளைவித்தது. பிரெஞ்சுமொழியில் செங்கோணத்தில் நூற்றுள் ஒரு பாகத்தின் மதிப்புக்கு 'கிரேடு' (Grade) எனப் பெயர். எனவே சென்டிகிரேடு என்பது செங்கோணத்தில் 10000-ல் ஒரு பாகத்தைக் குறித்தது.* எனவே இந்த நூற்றுப் பாகை அளவனைப் பரிந்துரைத்தவரின் பெயரில் இந்த அளவுப் பாகையின் அலகு 'செல்சியசு' எனப்பெற்றமை பெரிதும் வர வேற்கப்பட்டது.

இந்தப் பாகை செல்சியசின் 'அளவுமதிப்பு'தான் இப் போதும், இனிமேலும் பயன்படுத்தப்படப் போகிற அளவு மதிப்பு.

செல்சியசு வெப்பநிலை அளவின் ஒரு பாகை வேறுபாட்டின் மதிப்பே கெல்வின் அளவிலும் ஒரு பாகையாகக் கொள்ளப் பெருகிறது.

இயற்கையில் எங்கும் எளிதாகக் கிடைக்கும் நீரின் இருமருங்கு வெப்பநிலைகள் திட்டவரைகளாகக் கொள்ளப்பட்டதை அறிந் தோம். இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட பல்வேறு வெப்பநிலைமானிகள்* திட்ட வரைநிலைகளில் ஒத்திருந் தாலும், இடைப்பட்ட அல்லது திட்டவரைக்கு வெளியேயுள்ள வெப்பநிலைகளில் ஒத்திருக்கவில்லை. இக்குறைபாடு வெப்ப நிலைமானிப் பாய்மத்தின் (thermametric fluid) தன்மையைப் பொறுத்ததாகும். **எனவே வெப்பநிலைமானிப் பாய்மமாக எந்த ஒரு பொருளையும் சார்ந்திருக்காத ஒரு வெப்பநிலை அளவுத் திட்டம்தான் உண்மையான வெப்பநிலை அளவன் ஆக விளங்க முடியும்.**

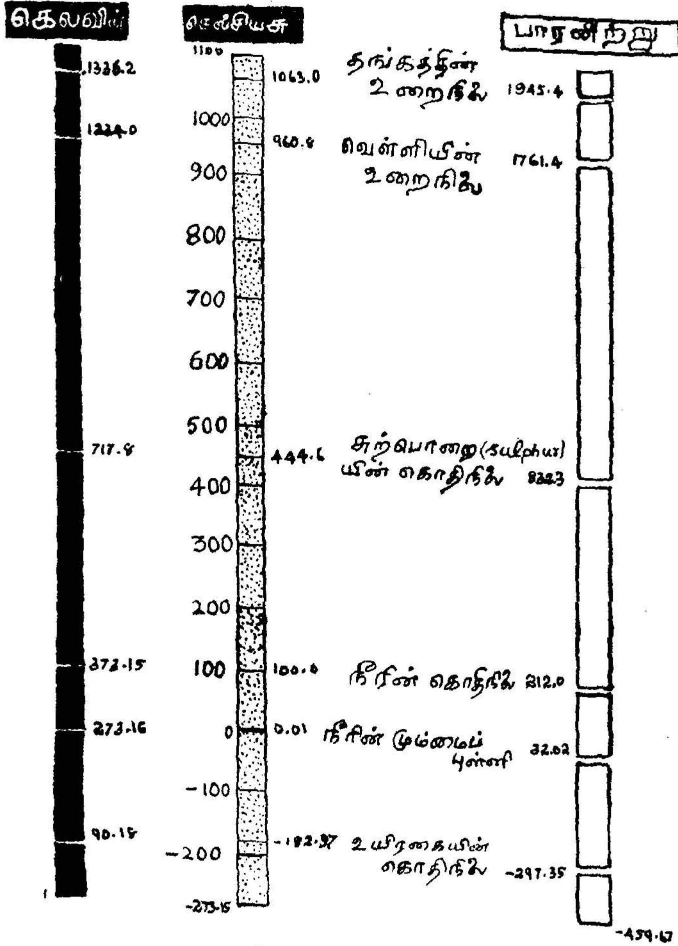
2.4.7. வெப்பவியக்க வெப்பநிலை அளவன்

சாடி கார்னோ (Saudi Carnot) வின் ஏடலிக† வெப்ப எந்திரம் (ideal heat engine) இந்தச் சிக்கலுக்கு விடைகாண உதவியது. இந்த எந்திரத்தின் பயனுறுதிறன் (efficiency) செயற்படுபொருள்

* 2.4.6 : வெப்பநிலை என்பது வெப்பநிலைமானி வடிவில் உருவாகி வந்த வரலாறு மட்டுமே இங்குச் சுட்டப்பட்டுள்ளது. நீர வெப்பநிலைமானிகள், காற்று வெப்பநிலைமானிகள், மின்தடை வெப்ப நிலைமானிகள் வெப்ப-மின்னியக்க வெப்பநிலைமானிகள் போன்றவற்றைப்பற்றிய விரிவான விளக்கத்தையும், அவற் றுக்குச் சார்பான வெப்பநிலை அளவன்களையும் அறிய ஏதாவதொரு வெப்ப வியல் பொத்தகத்தைப் புரட்டுக.

† 2.4.7: ideal—ஏடலிக; perfect—இலக்கணிய

எதையும் சார்ந்ததல்ல; வெப்ப வாங்கி (sink), வெப்ப மூலம் (source) என்ற இரண்டின் வெப்ப நிலைகளையே பொறுத்தது.



படம் 22. வெப்பநிலை அளவன்கள் — ஒப்பீடு

θ_1, θ_2 என்ற வெப்ப நிலைகளில் செயற்படும் ஓர் ஏடலிக எந்திரம் θ_1-ல் Q_1 அளவு வெப்பத்தை உறிஞ்சுகிறது; θ_2-ல் Q_2 அளவு வெப்பத்தை வெளியிடுகிறது எனின்

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\Psi(\theta_1)}{\Psi(\theta_2)} \text{ அல்லது } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}\text{*}$$

இதில் உள்ள வெப்பநிலை அளவு, வெப்பத்தைத் தவிர வேறு எந்தப் பொருளையும் பொறுத்ததில்லையாதலால், இது ஒரு சார்பிலா வெப்பநிலை அளவன் (absolute scale of temperature) ஆகத் திகழ்கிறது. இது வெப்பவியக்க வெப்பநிலை அளவன் (thermodynamic scale of temperature) என்றும் வழங்கப்படும்.

எந்திரத்தில் செயல்படும் பொருளில் எந்த வகை ஆற்றலும் 'ஏறத்தாழ' இல்லாத பொழுதுள்ள ஆற்றல்நிலை சுழிநிலை ஆற்றல் (Zero point energy) என வழங்கப்படுகிறது. அஃதாவது ஏடலிக வளிமத்தின் (ideal gas) வெப்ப இயக்க மின்மை (வெப்ப இயக்கச்சுழி), இதன் சுழிநிலையாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இதனைத் தொடக்கப்புள்ளியாகக் கொண்ட வெப்பநிலை அளவன் ஒன்றைக் கருதலாம். இந்தச்சுழிநிலை ஆற்றற்புள்ளி செல்சியசு அளவினில் $-273.15°C$ உக்குச் சமம்(அல்லது $-459.7°F$). இதனால் நீரின் உறைநிலை 273.15K ஆகும்;கொதிநிலை 373.15K ஆகும்.

இந்த வெப்பநிலை அளவனை நடைமுறையில் உருவாக்குதல் பெருங்கடினமே. எனவே வெவ்வேறு நெடுக்கத்தில் (range) இதற்கான சில திட்டவரைகள் (fixed points) தரப்பட்டுள்ளன. இவற்றை 14.7-ல் விளக்கமாகக் காண்க.

2.4.8. கெல்வின் வெப்ப இயக்க அளவன்

வெப்ப இயக்க அளவனை 1854-இல் பரிந்துரைத்த இருவருள் ஒருவரான கெல்வின் கோமகன் (Lord Kelvin) 'ஒரே ஒரு திட்ட வரையைத் தெளிவாக அறியமுடியுமாயின்,அந்த ஒரே புள்ளியைக் கொண்டே இந்த வெப்ப இயக்க வெப்பநிலை அளவனை வரையறுக்கலாம்' என்று பரிந்துரைத்திருந்தார். அதன்படி 1948-ல் கூடிய 9ஆம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு நீரின் மும்மைப் புள்ளியை(triple point) வரையறையாகக் கொண்டு இந்த வெப்பவியக்க வெப்பநிலை அளவனை வரையறுத்தது.† 1954-ல் கூடிய 10ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு நீரின் மும்மைப்புள்ளியை

* இதன் மெய்ப்பிப்பை (நிரூபணத்தை) வெப்ப இயக்கத்தில் (thermodynamics)-ல் கண்டு கொள்க.

† இத்தகையதொரு வெப்பவியக்க வெப்பநிலையளவனைக் கெல்வின் கோமகன் (1824-1907). W.J.K ரேன்கைன்(W.J.K. Rankine 1820-1872) இருவரும் Dr. சேம்சு பிரசுகாட் சௌல் (1818-1884) உடன் இணைந்து உருவாக்கினர்,

273.16 K என வரையறுத்தது. நீரின் உறைநிலையை விட 0.01°C அதிகம் உள்ள புள்ளியே இந்த மும்மைப் புள்ளி மும்மைப் புள்ளியென்பது, ஒரு பொருள் திட, நீர, ஆவிநிலைகளில் ஒரு

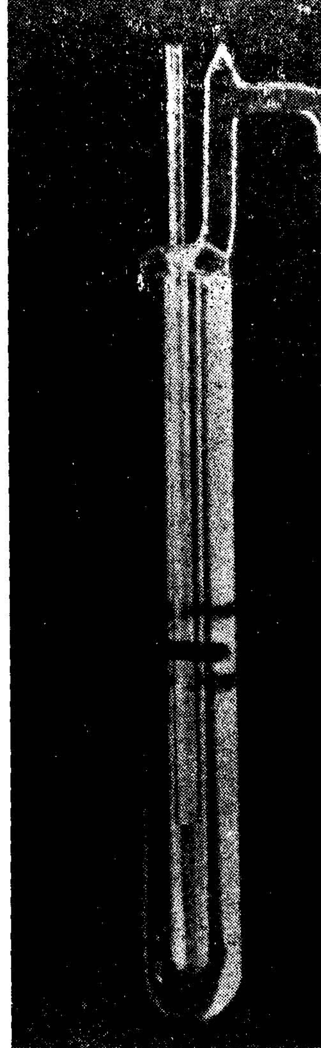


உருவப் படம் 1. கெல்வின் கோமகன்

சேரச் சமநிலையில் இருக்கும் திட்டவரையாகும். நீரின் உறை நிலை, கொதிநிலை இவற்றைக்காட்டிலும் இந்த மும்மைப் புள்ளியை 10000-இல் 1 என்ற அளவில் துல்லியமாகப் பெற இயலும்.

அனைத்து நாட்டு நடைமுறை வெப்பநிலை அளவன் வெப்ப இயக்க வெப்பநிலை அளவன், அடிப்படையான ஓர்

அளவன் ஆகத் திகழமுடியும் என்பதை 19ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதிவாக்கில் எல்லோரும் உணர்ந்தனர். இதன்படி 1927, 1948-ல் கூடிய அளவீட்டுப் பொதுமாநாடுகளால் இது ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது. 1960-ல் இது சீர்திருத்தப்பெற்று,1948-ன் அனைத்துநாட்டு நடைமுறை வெப்பநிலை அளவன்' என வழங்கப்பட்டு வருகிறது.



படம் 23. வெப்பநிலைப் படித்தரம்

2.4.9. ரேன்கைன் அளவன் (Rankine Scale)

செல்சியசுப் பாகையிடை (celcius degree interval)யை அடிப்படையாகக் கொண்டது, கெல்வின் வெப்பயியக்க அளவன்; அங்ஙனமே பாரனீற்றுப் பாகையிடையை அடிப்படையாகக் கொண்டது ரேன்கைன்.

வெவ்வேறு வெப்பநிலை அளவன்களில் சில திட்டவரைகள் ஆவன:

தொடக்கப்புள்ளி : OK
—273.15°C OR —459.67°F
நீரின் உறைநிலை : 273.15K
O°C 491.67 R 32°F
நீரின் கொதி நிலை : 373.15 K
100°C 671.67R 212°F

2.4.10. வேறுசில வெப்பநிலை அளவன்கள்

வெப்ப இயக்க வெப்பநிலை அளவனில் 1 K முதல் 5.2 K வரை அளப்பதற்கு எல்லியம்-4* (helium)-4 வெப்பநிலை அளவன் ஒரு பண்டத்தின் பராக்

* 2.4.10: தமிழ். எல் = சூரியன்; (எ-டு) பொழுதும் எல்லின்று (குறுந்தொகை) எல்→Greek helios. முதன்முதல் 'எல்'லில் காணப்பட்ட தனிமம்; எனவே எல்லியம்

காந்த உட்படுதிறப் (magnetic susceptibility) பண்பைப் பயன் படுத்தும் கியூரி வெப்பநிலை அளவன் போன்ற பல வெப்ப நிலை அளவன்களும் உள்ளன.

2.5. பிற கணிசங்களும் படித்தரங்களும்

நீளம், நிறை, காலவிடை, வெப்பநிலை என்ற நான்கு அடிப் படைக் கணிசங்களின் அலகுகளைக் கொண்டு எதனையும் அளந்து விடலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மின்னோட்டச்செறிவை நீளம், நேரம், நிறை என்ற மூன்று கணிசங்களின் அலகுகளால் அளந்துவிடமுடியும்.

$$[I] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$$

எல்லா இயல்களையும், இந்த மூன்று கணிசங்களின் அலகுகளைக் கொண்டே அளக்கும் திட்டம்தான் கௌசிய அலகுத்திட்டம் (காண்க 5.1)

எனினும், அளவீடுகளையும், பரிமானங்களையும் எளிதாகக் கைக்கொள்வதற்கும், வழக்கத்தில் இருந்துவரும் நடைமுறை அலகுகளை அப்படியே ஏற்றுக்கொள்ள வழியமைப்பதற்கும் வகை செய்யுமாறு அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்டத்தில் (SI). மேலும் மூன்று கணிசங்களும் அவற்றின் அலகுகளும் அடிப்படையானவை யாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டன. அவையாவன:

மின்னோட்ட வலிமை current intensity-ஆம்பியர் ampere A
ஒளிர்வச் செறிவு luminous intensity-காந்திலா candela-cd
பண்டளவு amount of substance-மோல் mole mol இவற்றால்

அலகுகளின் பரிமானச் சமன்பாடுகள் அனைத்தும் $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \frac{7}{2}$ போன்ற படியெண்கள் (exponents)- உடன் அமையாமல், முழு எண்களாகவும் எளிமையானதாகவும் அமைந்து செம்மையாய்த் திகழ்கின்றன. இதனை நூலின் இறுதியில் (14.6.2) கொடுத்துள்ள மின்சார இயலுக்கான பல்வேறு திட்டங்களின் பரிமானங்களை ஒப்பிடும் அட்டவணையால் அறியலாம்.

இந்த மூன்று அளவீட்டின் படித்தரங்களை அந்தந்த இயலில் காணலாம்.

அந்த அந்த அளவுகளுக்கான அளவீட்டு நுட்பமும் ஒப்பீட்டு நுட்பமும் வருமாறு:

அளவு (கணிசம்)	படித்தரம் அல்லது ஒப்பீடு	இயல்பு	அளவீட்டு நுட்பம் கோடியில் ...பங்கு	ஒப்பீட்டு நுட்பம் கோடியில் ...பங்கு
நீளம்	ஒளியலை நீளம்	இயற்கை	—	0.1 (0.02)
	மூல முன்மாதிரி மீட்டர்	பொருள்	0.5	
நிறை	மூல முன்மாதிரிக் கிலோகிராம்	பொருள்	—	0.02
காலவிடை	அணு நொடி	இயற்கை	—	0.001
	வானியல் நொடி	இயற்கை	0.02	—
	சராசரிச் சூரிய நொடி	இயற்கை	0.1	
வெப்ப நிலை	வெப்ப இயக்க அளவன்	கொள்கை	50	0.5
மின்னோட்டம்	ஆம்பியர்	கொள்கை	10	1
ஒளிர்வச் செறிவு	காந்திலா	இயற்கை	2000	1000
பருமம்	லிட்டர்	வருவித்தது	1	—

படம் 24. வணிகப் படித்தர அலகின் வரிசைமுறை

3. அளவீட்டு நிறுவனங்கள்

அளவீட்டுப் படித்தரங்களை உருவாக்கவும் அளவீடுகளை ஆய்ந்துதேரவும், அலகுகளைப் பற்றியும், அளவீட்டைப்பற்றியும் தொடர்ந்த ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொள்ளவும் பல அனைத்து நாட்டு நிறுவனங்களும், அவற்றுக்கு உதவியாகவும், அந்தந்த நாட்டுத் தேவைகளைக் கவனிக்கத் தனித்த தேசிய நிறுவனங் களும் தொடர்ந்த பணிகளை மேற்கொண்டுள்ளன.

3.1. மீட்டர்க் கூட்டமைப்பும் அதன் தொடர்புற்ற நிறுவனங் களும், 3.1.1. மீட்டர்க் கூட்டமைப்பு (Metre Convertion)

உலகம் அனைத்துக்கும் ஒருங்குபட்ட ஒரே அளவை முறையைக் கைக்கொள்ளுமாறும் அம்முறையும் பதினமுறையாக இருக்குமாறும் அறிஞர்கள் வலியுறுத்திய போதிலும் பதினமுறை யைப் பிற நாடுகள் எதிர்பார்த்தவாறு கடைப் பிடிக்கவில்லை. பிரான்சில் கூட அரசின் சட்டத்துக்குக் கட்டுப்பட்டே இப்புதிய முறை மேற் கொள்ளப் பெற்றது. எனவே 1870-ல் பிரெஞ்சு அரசு பாரிசில் கூடும் அளவீட்டுக் கூட்டத்துக்குப் பல நாடுகளுக்கும் அழைப்பு விடுத்தது. 24 நாடுகள் அழைப்பை ஏற்றன. பிரெஞ்சு பிரசியப் போரினால் 15 நாடுகளால்தாம் தமது படிநிகராளியர் களை (representatives) அனுப்ப இயன்றது. இவை கூடி அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுக் குழு (Commission International du Metre) என்ற அமைப்பை உருவாக்கிய போதிலும் எந்தத் தீர்மானத்தை யும் மேற்கொள்ள இயலவில்லை. 1872 இல் 30 நாடுகளின்படி நிகராளியர்கள் பாரிசில் கூடி கிலோகிராம், மீட்டர்-உருவாக்கம் தொடர்பான 40 தீர்மானங்களை இயற்றினார்கள். மேலும் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயம் (Burean International des Poids et Measures) என்ற நிறுவனத்தை உருவாக்கவும் பரிந் துரைத்தனர்.

இந்தப்படி நிகராளியர்கள் யாவரும் அறிவியல் அறிஞர் களாக இருந்ததால் தம்தம் அரசை வலியுறுத்த அவர்களால் இயலவில்லை. எனவே அந்தந்த நாட்டு அரசியல் அதிகாரிகள் பங்கேற்கத் தக்க ஒரு கூட்டம் 1875-ல் பாரிசில் கூடியது. இது

தான் அளவீட்டுக்கான அரசதிகாரக்குழு. (Conference Diplomatique de Metre) இதனால் தேவையான பயன்கள் விளையத் தொடங்கின. 1875 மே 20-ல் 18 நாடுகள் மீட்டர் ஒப்பந்தத்தில் (Convention du Metre) கையெழுத்திட்டன. இதன்படி அளவீட்டுக்கான அறிவியல் அமைப்பு ஒன்றை நிலையாகப் பாரிசில் அமைப்பது என்றும் அதன் செலவுகளை உறுப்பு நாடுகள் பகிர்ந்து கொள்வதென்றும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது. இந்த அமைப்புதான் அனைத்துநாட்டு ஆயம். (Bureau International des Poids et Measures—'BIPM).

மீட்டர்க் கூட்டமைப்பின்படி உருவான மூன்று நிறுவனங்களாவன :

1. அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு மாநாடு
2. அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுக் குழு
3. அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயம்

3.1.2. அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு மாநாடு (Conference Genrale des Poids et Measures—CGPM)

மீட்டர் ஒப்பந்தத்தின் கையொப்ப நாடுகளும், மீட்டர் ஒப்பந்தத்தில் கையொப்பமிட உறுதியளிக்கும் நாடுகளும் சேர்ந்த அமைப்புதான் அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு மாநாடு. முன்னர்க் குறித்த மீட்டர் ஒப்பந்தம்தான் அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு மாநாடு. (CGPM) என்ற இந்த அமைப்பையும், இதனது முழுக் கண்காணிப்பில் அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு ஆயத்தையும் (BIPM) அமைக்க வகைசெய்தது. அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு மாநாட்டின் நோக்கங்கள் ஆவன:

1. மெட்ரிக் முறையின் வளர்ச்சிக்கும் பரவலுக்கும் ஆன வழிவகைகளை ஆய்ந்து மேற்கொள்வது.

2. புதிய அடிப்படை அளவீட்டுத் தீர்மானங்கள் மற்றும் பன்னாட்டு முக்கியம் மிக்க பல்வேறு அறிவியற் பரிந்துரை முடிபுகளுக்கு ஒப்புதல் அளித்தல்.

3. அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு நிறுவனத்தின் (BIPM) வளர்ச்சிக்கும் அமைப்புக்கும் உகந்த முக்கியமான முடிவுகளை எடுத்தல்.

அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு மாநாடு பொதுவாக ஆறு ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை கூடி வழக்கில் உள்ள அலகுகளையும்

அளவுகளையும் படித்தரங்களையும் பிற அளவீட்டுத் தொடர்பான எல்லாவற்றையும் ஆராய்ந்து தேவையெனில் புதிய அலகுகளையோ படித்தரங்களையோ மேற்கொள்ளும். 1960-க்குப் பின் இது அடிக்கடி கூடியுள்ளது.

அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு மாநாட்டின் முதல் கூட்டம் 1889-ல் நடந்தது. அடுத்து 1895, 1901, 1907, 1913, 1921, 1927, 1933 (?), 1948, 1954, 1960, 1964, 1967, 1971-ல் அடுத்தடுத்துக் கூடியது.

1968 இறுதிவரை 40 நாடுகள் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு மாநாட்டில் உறுப்பாண்மை பெற்றிருந்தன. இதற்கான செலவுகளை இந்நாடுகள் அவற்றின் மக்கள் தொகைக்கேற்பப் பங்கிட்டு வந்தன. இப்பங்கீடு மக்கள் தொகை மிக்க வளரும் நாடுகளை அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு நிறுவனத்தின் பணியைப் பெறுவதில் ஓரளவு பண நெருக்கடிக்கு உள்ளாக்கியது.

1955-ல் இந்தியா மீட்டர் ஒப்பந்தத்தில் கையொப்பமிட்ட பின் முதலாவதாகக் கூடிய 1960-ன் 11ஆம் அளவீட்டுப் பொது மாநாட்டில் இந்தியப் படிநிகராளியர் ஆன Dr. K. S. கிருஷ்ணன் செலவைப் பங்கிடும் இம்முறையை மாற்றவேண்டுமென எடுத்துரைத்தார். அதன்படி ஒரு நாட்டின் கையொப்பத் தொகை, அந்நாட்டின் பொருளியல் வளர்ச்சி, மக்கள் தொகை இவற்றின் அடிப்படையில் பன்னாட்டு ஒன்றியம் (United Nations) மேற்கொண்ட குணகங்களின்படி கணக்கிடப் பெற்று வருகிறது. தற்போது ஒருநாடு ஏற்றுக்கொள்ளவேண்டிய பங்கீட்டின் குறைந்த அளவு 0.5% உச்ச அளவு 10.0% 1960-ன் மொத்தக் கையொப்பத் தொகை 2000 000 தங்க பிராங்குகள் (654000 U.S. டாலர்,—3770,000 ரூபாய்) இதில் அமெரிக்க ஒன்றியம், செர்மனி, சோவியத் ஒன்றியம், பிரிட்டன் இவற்றின் கையொப்பத் தொகை—ஒவ்வொன்றுக்கும் 200000 தங்க பிராங்குகள். இந்தியாவினது 55600 தங்க பிராங்குகள் (=1960-ல் ரூ 278000) இந் நிறுவனத்தின் செலவு ஆண்டொன்றுக்கு 14% உயர்ந்து கொண்டே வரும் எனக் கணிக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு ராக்பெல்லர் நிறுவனமும் நல்கைத் தொகை (grants) அளித்துள்ளது.

*1960-ல் 1 Us டாலர் — 5 ரூபாய்.
1970-ல் 1 Us டாலர் — 9 ரூபாய்.

1968 முடிவில் இதன் உறுப்பு நாடுகள்

	நாடு	சேர்ந்த ஆண்டு	பலகுணகம்	செலவுப் பங்கீட்டு விழுக்காடு
1.	*அமெரிக்க ஒன்றியம்(USA)	1875	31.57	10.00
2.	*அயர்லாந்து (Ireland)	1926	0.17	0.50
3.	†அர்சன்டைனா(Argentina)	1875	0.93	1.49
4.	†ஆசுத்திரியா (Austria)	1875	0.57	0.91
5.	ஆசுத்திரேலியா (Australia)	1947	1.52	2.43
6.	†இத்தாலி (Italy)	1875	3.24	5.18
7.	இந்தியா (India)	1957	1.74	2.78
8.	இந்தோனேசியா(Indonesia)	1960	0.34	0.54
9.	*உருகுவே (Uruguay)	1908	0.09	0.50
10.	*எகிப்து (UAR)	1962	0.20	0.50
11.	கனடா (Canada)	1907	3.02	4.83
12.	†ஹங்கேரி (Hungary)	1875	0.52	0.83
13.	சப்பான் (Japan)	1885	3.78	6.04
14.	‡சிலி (Chile)	1908	0.23	0.50
15.	†சுவிட்சர்லாந்து(Switzerland)	1875	0.86	1.38
16.	†சுவீடன் (Sweden)	1875	1.25	2.00
17.	செக்கோசுலோவேகியா (Zechoslovakia)	1922	0.92	1.47
18.	*செர்மனி (கிழக்கும் மேற்கும்) (Germany)	1875	—	10.00
19.	*சோவியத்து ஒன்றியம் (USSR)	1875	14.6	10.00
20.	†ஸ்பெயின் (Spain)	1875	0.92	1.47
21.	†டென்மார்க் (Denmark)	1875	0.62	0.99
22.	*டொமினிகன் குடியரசு (Dominican Republic)	1954	0.04	0.50
23.	*தாய்லாந்து (Thailand)	1912	0.13	0.50
24.	துருக்கி (Turkey)	1933	0.35	0.56
25.	தென் ஆப்பிரிக்கா (South Africa)	1964	0.52	0.83
26.	*தென் கொரியா (South Korea)	1959	0.12	0.50
27.	†நார்வே (Norway)	1875	0.43	0.69
28.	நெதர்லாந்து (Netherlands)	1929	1.16	1.85
29.	*பல்கேரியா (Bulgaria)	1911	0.18	0.50

	நாடு	சேர்ந்த ஆண்டு	பலகுணகம்	செலவுப் பங்கீட்டு விழுக்காடு
30.	†பிரான்சு (France)	1875	6.00	9.59
31.	*பிரிட்டன் (Uk)	1884	6.62	10.00
32.	பிரேசில் (Brazil)	1954	0.89	1.42
33.	பின்லாந்து (Finland)	1921	0.49	0.78
34.	†பெல்சியம் (Belgium)	1875	1.10	1.76
35.	†போர்ச்சுக்கல் (Portugal)	1875	1.16	0.50
36.	போலந்து (Poland)	1925	1.47	2.35
37.	மெக்சிகோ (Mexico)	1890	0.87	1.39
38.	யூகோசுலேவியா (Yugoslavia)	1879	0.40	0.64
39.	ருமேனியா (Rumania)	1881	0.36	0.58
40.	வெனிசூயலா (Venezuela)	1960	0.45	0.72

உறுப்பு நாடுகளாக இருக்க இயலாத நாடுகள் ஒப்பு நாடுகளாக இருக்கலாம். இவை பெயரளவில் ஒரு தொகை செலுத்தினால் போதும்.

3.1.3 அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுக் குழு (Comite International des Poids et Measures CIPM)

அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுப் பொது மாநாடு (CGPM) தனது உறுப்பு நாடுகளிலிருந்து பதினெட்டுக்கு மேற்படாத அளவீட்டு நுழைபுலமிக்க அறிஞர் குழுவைத் தேர்ந்தெடுக்கும். இருகுழு அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுக் குழு (CIPM) எனப் படும். இது குறைந்தது ஈராண்டுக்கு ஒரு முறையோ அன்றி தேவை ஏற்பட்டால் அவ்வப்போதோ கூடும். பொது மாநாட்டுத் தீர்மானங்களை நடைமுறைப்படுத்துவதும் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு நிறுவனத்தின் செயற்பாட்டைக் கண்காணித்துக் கொள்வதும் இதன் பொறுப்புகளே, இது மீட்டர் வரையறை, நொடி வரையறை வெப்ப நிலை மானியியல்,

† மீட்டர் ஒப்பந்தத்தில் முதன் முதல் (1875-ல் கையொப்பமிட்ட நாடுகள்.

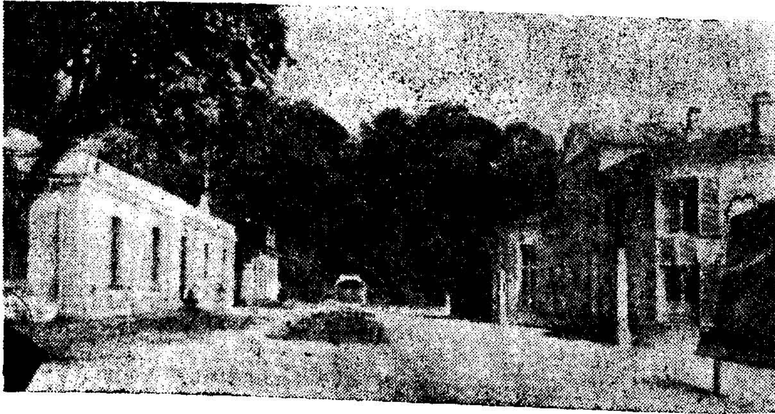
* உச்சக் கையொப்பத் தொகை (10) % வழங்கும் நாடுகள் 4

‡ குறைந்த கையொப்பத் தொகை (0.5%) வழங்கும் நாடுகள் 9

மின்சாரம், ஒளிமானியியல், அயனியாக்கக் கதிர்ப்பு, அனைத்து நாட்டு அலகுத்திட்டம் போன்ற பல்வேறு துறைகளையும் அவற்றுக்குத் தனித்தனி அறிஞர் குழுவையும் அமர்த்தி மேற்பார்த்து வருகிறது. இதன் பணிகளை இந்தியாவைப் பொறுத்தவரை இந்தியப் பூதலியல் ஆய்வகம் மேற்கொண்டு வருகிறது.

3.1.4. அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயம் Bureau International des Poids et Mesures—BIPM

இது அளவீட்டு அமைப்பின் ஆய்வகப் பிரிவு ஆகும். பாரிசுக்கு அருகில் சேவ்ரே (Sevres) இல் உள்ள பிரெஞ்சுத் தேசியப் பூங்கா (Parc de Saint-Cloud) வுக்குள் 400 ஏர் (are) நிலத்தில் (= 11 ஏக்கர்) இந்நிறுவனத்தின் ஆய்வகங்கள் அமைந்துள்ளன.



படம் 25 அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயம்

இங்குள்ள நடுவண் ஆய்வகத்தில் (Central Laboratory) தான் உலகின் அளவீட்டு மூல முதல் முன்மாதிரிகளும் பிற கணிசங்களுக்கான அலகுகளும் பாதுகாக்கப் பெற்றுள்ளன. இதன் இயக்குநர் அனைத்து நாட்டு அளவீட்டுக் குழுவால் கமுக்க வாக்கெடுப்பு மூலம் தேர்ந்தெடுக்கப்படுவார்.

நில நெடுக்கு வரியின் நான்கு கோடியில் ஒரு பங்கு என இருந்த மீட்டர், முனைப்படித்தரமாகி பின்வரிப் படித்தரமாகி, தற்போது அலைநீளப் படித்தரமான ஒவ்வொரு வளர்ச்சிக்கும் இந்த அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு நிறுவனமே கரணியம். இவ்வாறே ஏனைய படித்தரங்களும் செப்பம் உற்றன.

BIPM ஆய்வகங்களின் சிறப்புச் சிற்றறைகளுள் உள்ள கிலோகிராம் போன்ற மூல முன்மாதிரிகளைக் கொண்டு அந்தந்த நாட்டுப் படித்தரங்களைச் சரிபார்த்து அளப்பதும் இதன் பணியாகும், இந்தப்பணி உறுப்பு நாடுகளுக்கு இலவசம்; ஏனைய நாடுகளுக்குக் குறிப்பிட்ட கட்டணம் உண்டு.

3.1.5. அந்தஅந்த நாட்டுத் தேசிய ஆய்வகங்கள்

இவை மட்டு மன்றிப் பல்வேறு நாடுகளில் உள்ள உலகின் தலைசிறந்த 10 தேசீய ஆய்வகங்கள் நுட்ப அளவீட்டைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து நடத்தி வருகின்றன. அவற்றின் முடிவுகள் அப்போதைக்கப்போது BIPM-க்கு தெரிவிக்கப் பெறும். இந்த ஆய்வகங்கள் ஆவன :

NPL தேசீயப் படித்தர ஆய்வகம் ஆசுத்திரேலியா
National Standards Laboratory Chippendale NSWAustralia.

NRC தேசிய ஆராய்ச்சிக் கழகம், கனடா
National Research council of Canada Ottawa Ontaria Canada.

LCIE தொழில், மின்சார நடுவண் ஆய்வகம், பிரான்சு
Laboratorie Centrale des Industries Electriques, Fontenay-aux-Roses, France

PTB பூதவியல் தொழில் நுட்ப ஆய்வகம் மேற்கு செர்மனி
Physikalisch-technische Bundesanstalk Braunchweig, west-Germany

DAMG அளவீட்டு ஆய்வகம் கிழக்கு செர்மனி
Dentsches Amtfur Mass and Gewicht East Germany

NRLM அளவீட்டு ஆராய்ச்சிக்கான தேசிய ஆய்வகம் :
சப்பான், National Research Laboratory of Metrology. Tokyo Japan.

NPL தேசியப் பூதவியல் ஆய்வகம், பிரிட்டன்
National Physical Laboratory, Teddington Middlese UK.

NBS தேசியப் படித்தர ஆயம், National Bureau of standards washington D.C. 20234 and Boulder, Colorado 80302 USA

MIM (திமித்ரீ ஈவனோவிச்) மண்டலீவ் அளவீட்டு நிறுவனம் லெனின் கிராடு, சோவியத் ஒன்றியம்.
D.I. Mandaleef Institute of Metrology, Leningrad.

BFPM அளவீட்டு ஆயம் பெர்ன் சுவிட்சர்லாந்து Bureau Federale des Poid et Mesures Berne Switzerland

இந்த ஆய்வுகளுக்கு புதுதில்லியில் உள்ள இந்தியப் பூதவியல் ஆய்வகமும் தன்னை அணியப்படுத்தி வருகிறது.

3.2. கல்வித் துறை நிறுவனங்கள்

அறிவியல் கல்வித் துறைக்கான இரு அனைத்து நாட்டு நிறுவனங்கள் அளவீட்டுத் துறையில் பங்கு பற்றியுள்ளன,

3.2.1. அறிமுறை மற்றும் செயற்பாட்டுப் பூதவியலுக்கான (பௌதிகத்துக்கான) பன்னாட்டு ஒன்றியம்.*

International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP)

இந்த நிறுவனம், அனைத்து நாட்டுக் கல்வி, குமுக, பண்பாட்டு அமைப்பின் (UNESCO) பௌதிக அறிவியற் புலத்துக்கான அமைப்பு. இது படித்தரமாக்கல், அலகுபெயரீடு (Standardisation, units and Nomenclature - SUN)-க் கான குழுவை *1931* - ல் அமைத்தது, அலகுகளின் பெயர்களையும் வரையறைகளையும் அப்போதைக்கப்போது கூடி ஆய்ந்து ஒழுங்கு செய்வது இதன்வேலை. வெப்ப ஆற்றல் அலகும் சௌல் (joule) ஆகத்தான் இருக்கவேண்டும் என்பது இதன் தலையாய பரிந்துரைகளுள் ஒன்று.

3.2.2. அறிமுறை மற்றும் செயற்பாட்டு இயைபியலுக்கு (வேதியலுக்கு) ஆன பன்னாட்டு ஒன்றியம்

International union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)

வேதியல் எனப்படும் இயைபியலில் பொருத்தமான பெயர்களைச் சூட்டுதல், மற்ற அலகுகளைப் பரிந்துரைத்தல் போன்றவற்றை மேற்கொள்வது இதன்வேலை. பொருத்தமான பெயர் சூட்டலை 1770-ல் T.O. பெர்க்மான் (*1735—1784*) உம் *1813*-ல் J. J. பெர்சீலியசும் (*1779—1848*) மேற்கொண்டனர். *1892* இல் செனீவாவில் கூடிய அனைத்து நாட்டுப் பெயரீட்டு மாநாடு

* *3.3.1. 2,* IUPAP-''இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியலுக்கான அனைத்துநாட்டு ஒன்றியம்'' எனவும் வழங்கப்படும்.

இயைபியல் பெயர்களை வரையறுத்தது. இதுவே 1919 இல் IUPAC-ன் தோற்றத்துக்கு மூலமாய் விளங்கிற்று. கரிம வேதியல் பெயரீட்டுக்கும் கனிம வேதியல் பெயரீட்டுக்கும் தனித்தனிக் குழுக்கள் உள்ளன.

3.3. பூதவியல் கம்மியத்துறை சார்ந்த நிறுவனங்கள்

அந்தந்தத் துறையின் அளவீட்டையும் அதற்கான அலகுகளையும் மேற்பார்த்துவரும் சில நிறுவனங்கள் அளவீட்டு அறிவியலில் சீரிய பங்கு பற்றியுள்ளன.

3.3.1. அனைத்து நாட்டு மின்சார வினைஞர் பேராயமும் அனைத்து நாட்டு மின்னுணுக்கக் குழுவும். (International Congress of electricians and International electro technical Commission - IEC)

மின்சார அளவீடுகளை மேற்பார்க்க அனைத்து நாட்டு மின் வினைஞர் பேராயம் என்ற நிறுவனம் உருவாக்கப்பட்டது. இது முதன் முதலாக 1881 இல் பாரிசில் கூடி egs அலகுத் திட்டத்தைக் கைக்கொள்வதென்றும், ஆம்பியர், கூலும், பேரட், வோல்ட், ஓம் முதலிய ஐந்தையும் நடைமுறை அலகுகளாகக் கைக்கொள்வதென்றும் தீர்மானித்தது. 1880-ல் மீண்டும் பாரிசில் கூடிய இரண்டாவது பேராயத்தில் சௌல், வாட், காற்பகி (quadrant) முதலிய அலகுகளை ஏற்றுக் கொண்டது.

இந்தப் பேராயம் புது அலகுகளுக்குப் பெயரிடும் போது, அது எந்த நாட்டில் கூடுகிறதோ அந்த நாட்டின் அறிவியலறிஞர் பெயரை ஏற்றுக் கொள்ளும் ஒரு வழக்கத்தைக் கடைப்பிடித்து வருகிறது. அதன்படி 1881-ல் மின்னோட்டத்துக்கு பிரித்தானியக் குழு வீபர்-ஐப் பரிந்துரைத்தும், (A. M. Ampere 1775-1836) பிரெஞ்சு அறிஞர் ஆம்பியர் பெயருக்காக விட்டுக் கொடுத்தது. அங்ஙனமே 1893 இல் சிக்காகோவில் கூடிய நாலாம் குழு தன்தூண்டத்துக்கான 'காற்பகி'யை நீக்கிவிட்டு 'என்றி'யை (Joseph Henry 1797-1878) மேற்கொண்டது.

லூயி (St. Louis)-ல் கூடிய இப் பேராயத்தின் பரிந்துரையால்தான் மின்சார ஒளியியல் அலகுகளையும் GCPM தன் வரம்புக்குள் ஏற்றுக்கொண்டது.

1906 இல் பன்னாட்டு மின்நுணுக்க குழு (I. E. C.) என்ற புது அமைப்பைத் தோற்றுவித்து புதுப்பெயரைப் பெற்றது இது.

இது, தற்போது அனைத்து நாட்டு ஒன்றியத்தின் கல்வி, அறிவியல், குமுகாய, பண்பாடு அமைப்பின் (UNESCO) மின் கம்மிய இயலுக்கான உறுப்பாக விளங்குகிறது.

1935-ல் கூடிய I.E.C. பேரவையின் பரிந்துரைப்படி mks அலகுகளுடன் மின்சாரத்துக்காக நான்காவது அடிப்படை யலகைத் தேர்ந்துகொண்டு பயன்படுத்த ஒப்புதலளித்தது.

1950-ல் ஆம்பியரை நாலாவது அடிப்படை அலகாகக் கைக்கொண்ட சீராக்கமுற்ற mks A (rationalised) திட்டத்தைப் பரிந்துரைத்தது. இதுவே S I-க்கு மேற்கொள்ளப்பட்டது. பன்னாட்டு மின்னுணுக்கக் குழுவின் முகவரி:

International Electro technical Commission
1, rue dē Varembe
1211, Geneve 20
Switzerland

3.3.2. ஒளியூட்டத்துக்கான அனைத்துநாட்டுக் குழு (Commission International de l' Eclairage - CIE)

ஒளியியலிலும் வெப்ப அளவியலிலும் உள்ள அலகுகள், படித்தரங்கள், வரையறைகள் முதலானவற்றை மேற்பார்க்கும் இந்தக் குழு 1921 சூலையில் பாரிசில் தொடங்கப் பெற்றது. இது ICI (International Commission for illumination - I C I) என்ற சுருக்கப்பெயராலும் வழங்கப்பெறும்.

3.3.3. கதிர்ப்ப அலகுகளுக்கான அனைத்துநாட்டுக் குழு (International Commission on radiological units-ICRU)

கதிர்ப்ப அலகுகளைப்பற்றிய கருத்துரைகளை ஆய்ந்தளிக்கக் குறிப்பிட்ட காலவெளிகளில் கூடும் இந்த அமைப்பு 1925-ல் உருவாக்கப்பட்டது.

இவைதவிர அனைத்து நாட்டு வானியல் ஒன்றியம் (International Astronomical Union), மின்னியியல் கம்மியர்களின் ஒன்றியம், வான்வளி நிலைப்பேராயம் (meteorological Congress) முதலான பல நிறுவனங்கள் உள்ளன.

3.4. மேலும் சில அனைத்துநாட்டு நிறுவனங்கள்

வழக்கமுறை அளவீட்டுக்கான அனைத்து நாட்டு நிறுவனமும், படித்தரமாக்கலுக்கான அனைத்து நாட்டு அமைப்பும்

அளவீட்டுத்துறைக்கு மிக முக்கியமான இரு நிறுவனங்கள் ஆகும்.

3.4.1. வழக்கமுறை அளவீட்டுக்கான அனைத்துநாட்டு நிறுவனம். (Organisation International de Metrologie Legale-OIML)

மீட்டர் ஒப்பந்தத்தின்படி உருவான CGPM, CIPM, BIPM ஆகியவை அளவீட்டுப் படித்தரங்களின் அறிவியற் புலத்தை மேற்பார்த்து வருவதுபோலவே வணிகம், ஆலைத்தொழில் போன்ற பொருளியற் பகுதிகளின் அளவீட்டை மேற்பார்க்கத் தனியான அனைத்து நாட்டு நிறுவனம் தேவையென உணர்ந்தனர். இதற்காகப் பாரிசைத் தலைமையகமாகக் கொண்ட நடைமுறை அளவீட்டுக்கான அனைத்துநாட்டு நிறுவனம் ஒன்று 1955-ல் நிறுவப்பட்டது. இதன் முழு உறுப்பு நாடுகளுள் இந்தியாவும் ஒன்று. பாகிஸ்தான், நேப்பாளம், போன்றவை ஒப்பு உறுப்பு நாடுகள் ஆகும்.

OIML - உம் மீட்டர் ஒப்பந்தத்தைப் போலவே நடைமுறை அளவீட்டுக்கான அனைத்து நாட்டு மாநாடு, அனைத்து நாட்டுக் குழு, அனைத்து நாட்டு ஆயம் என்ற மூன்று உறுப்புகளை உடையது. எனினும் இந்நிறுவனம் ஆய்வகநிறுவனம் அன்று, இதனை ஓர் அதிகார நிறுவனமாகக் கருதலாம்.

இந்நிறுவனம் CGPM, UNESCO, ISO, IEC போன்ற நிறுவனங்களின் மிகுந்த ஒத்துழைப்புடன் இயங்கிவருகிறது.

3.4.2. படித்தரமாக்கலுக்கான பன்னாட்டு அமைப்பு (International Standardisation Organisation ISO)

கல்வித்துறை மட்டுமின்றி கருவித்துறை போன்ற பிற எல்லாத் துறைகளிலும் எங்கும் ஒரே வகையான அளவமைப்பை உருவாக்க வேண்டும், என்ற பரிந்துரையின் பேரில் ஐரோப்பிய நாடுகள் நிலக்கரி, எஃகுப் படித்தரமாக்கலுக்கு ஈரோநார்ம் (EURONORM) என்ற அமைப்பையும் அமெரிக்கா (A) பிரிட்டன் (B) கனடா (C) ABC நாடுகள் என்ற அமைப்பையும் ஏற்படுத்திக் கொண்டன.

UNESCO வின் தீர்மானப்படி எல்லா நாடுகளும் கூடிய அமைப்பாக 1946 அக்டோபர் 24-ல் இலண்டனில் படித்தரமாக்கலுக்கான பன்னாட்டு அமைப்பு நிறுவப்பட்டது. இதன்

தலைமையகமாக சுவிட்சர்லாந்தில் உள்ள செனீவா விளங்கு கிறது. இந்தியாவும் இதில் முக்கிய உறுப்பு நாடாக இருக்கிறது. (இது பல படித்தரமாக்கற் குழுக்களைக் கொண்டுள்ளது.)

தமக்கெனப் படித்தர நிறுவனங்கள் உள்ள நாடுகள்தாம் ISO-வில் உறுப்பு நாடுகளாக இருக்க இயலும். ஏனையவை ஒப்பு நாடுகளாக இருக்கலாம். தற்போது 56 உறுப்பு நாடு களும், 6 ஒப்பு நாடுகளும் உள்ளன.

அமெரிக்க ஒன்றியம் — அமெரிக்க ஒன்றியப் படித்தர நிறுவனம் USASI (1917)

பிரிட்டன் - — பிரித்தானியப் படித்தர நிறுவனம் B S I (1901)

சோவியத் ஒன்றியம் — Gosudarst vennyi Komitet Standartov-GOST

என்ற படித்தர நிறுவனங்களைப் போலவே நமது நாட்டுப் படித்தரத்துக்கான பணியனைத்தையும் கவனித்துக் கொள்வது இந்தியப் படித்தர நிறுவனம் I S I.

3.5. இந்திய அளவீட்டு நிறுவனங்கள்

1956 இலேயே மெட்ரிக் முறையையும், RmKsA அலகுத் திட்டத்தையும் சட்டப்படுத்தியது இந்தியா. இந்தியாவில் அள வீட்டுத் துறையை மேற்பார்க்கும் மூன்று நிறுவனங்களாவன :

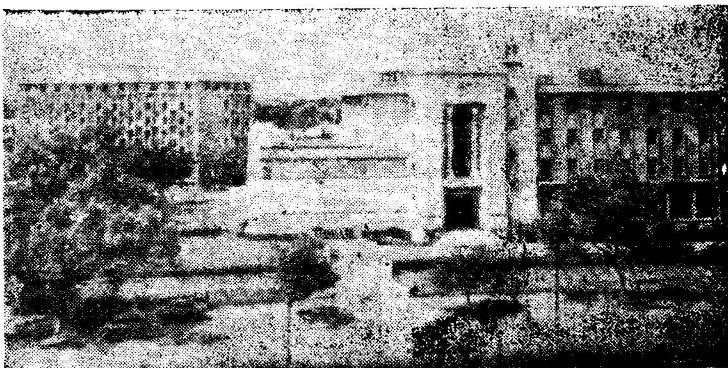
(1) இந்தியப் படித்தர நிறுவனம், புதுதில்லி
(2) தேசியப் பூதவியல் ஆய்வகம், புது தில்லி
(3) இந்திய அரசின் தங்கச்சாலை

3.5.1. இந்தியப் படித்தர நிறுவனம், புதுதில்லி (Indian Standards Institution)

உலகின் தொழில் சார்ந்த அளவுகளையும் பிற அளவுகளை யும் மேற்பார்க்கும் பன்னாட்டுப் படித்தர அமைப்பைப் (International standards Organisation) போல அந்தந்த நாட்டு அள வீட்டுப் படித்தரங்களை மேற்பார்க்கும் தனித் தேசிய நிறு வனங்களுள் இந்தியாவின் அளவுகளை மேற்பார்ப்பது இந்தியப் படித்தர நிறுவனம்.

இது விடுதலைக்கு முன்னர் பதவியேற்ற இடைக்கால அரசின், 1946 செப்டம்பர் 3 ஆம் பக்கல் நிறைவேற்றிய முதல் தீர்மானத்தின் படி உருவாக்கப் பெற்றது. இதன் பல்வேறு

தொழில், கருவித்துறைக் கடமைகளுடன் "நீளம், நிறை, பருமம், ஆற்றல் போன்ற அளவீட்டுக்குத்தக்க தேசியப் படித் தரங்களை ஆராய்ந்து இந்திய அரசுக்குப் பரிந்துரைப்பதும்" ஒரு கடமையாய் விளங்குகிறது.



படம் 26 இந்தியப் படித்தர நிறுவனம்

1947 பிப்ரவரியில் இந்நிறுவனம் முறைப்படி தொடங்கப் பெற்று அவ்வாண்டு சூன்மாதம் பணியாற்றத் தொடங்கியது. இந்நிறுவனத்தின் அளவீட்டுக்கான சிறப்புக் குழு 1949-ல் அளித்த அறிக்கையின் படி (Report of I S I subcommitee on weights and measures) மெட்ரிக் பதின முறைத் திட்டத்தை இந்தியா மேற்கொள்ளத் தொடங்கியது. இதன்படி 1956-ல் காசு பதினப் படுத்தப் பட்டது. (அதற்கு முன் 12 சல்லி = 1 அணு ; 16 அணு = 1 ரூபாய் என்று இருந்தது) அத்துடன் கூட மெட்ரிக் அளவுத் திட்டம் மேற்கொள்ளப்பட்டது.

படித்தர நிறுவனங்களுள் தலைசிறந்த பிரித்தானியப் படித் தர நிறுவனம், மெட்ரிக் மாற்றத்துக்கு இந்தியப் படித்தர நிறு வனத்தின் செயல்முறைகளை மேற்கோளாகக் கொண்டது.

இந்தியப் படித்தர நிறுவனம் 'பாரதீய மானக் பவன்' என இந்தியில் அழைக்கப்படும். இதில் மானக் என்பது அளவு (மானம்) என்பதைக் குறிக்கும் உலக முதன்மொழிச் சொல்.

3.5.2. தேசியப் பூதவியல் (பௌதிக) ஆய்வகம்; புதுதில்லி (National Physical & Laboratory, New Delhi)

அறிவியல் தொழிலியல் ஆராய்ச்சிக்கான இந்தியக்குழு (Indian Council of Scientific and Industrial Research) அறிவியல்

தொழிலியல் மேம்பாட்டுக்காகத் தேசிய ஆய்வகங்களை நிறுவுமாறு பரிந்துரைத்தது. இதன்படி புது தில்லியில் 1950 சனவரி 21 ஆம் நாள் தேசியப் பூதவியல் ஆய்வகம் முறைப்படி செயல்படத் தொடங்கியது. இதன் முதல் இயக்குநர் அறிவியல் மேதை Dr. K. S. கிருஷ்ணன், F.R.S. என்ற தமிழராவார்.

இந்த ஆய்வகத்தின் நோக்கங்களாவன :

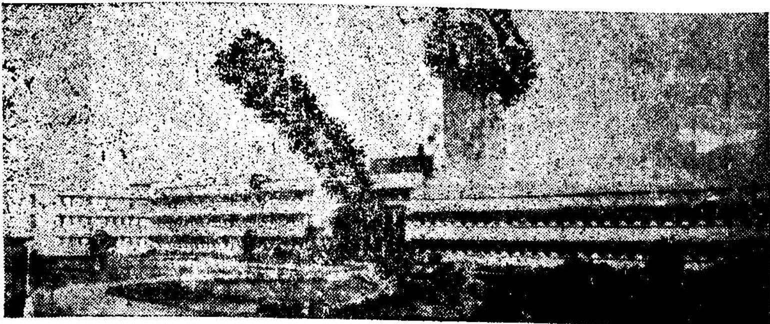
1. அடிப்படை மற்றும் வருவித்த படித்தரங்களையும் தொழிலியல் ஆய்வுகளையும் மீளாய்வுக்கு உட்படுத்தலும் பாதுகாத்தலும்.

2. தொழிற்சாலைகளுக்கு உதவும் வகையில் நடைமுறைப் பூதவியல் (Applied Physics) ஆய்வுகளை மேற்கொள்ளல்.

3. மேற்குறித்த பணியினுக்கான அடிப்படை அறிவியல் ஆய்வுகளைத் தொடர்தல்.

4. குறித்த வரையறுப்பை (Specification) உருவாக்கலும் கருத்துரைத்தலும்.

இந்த ஆய்வகம் ஒவ்வொரு துறைக்கும் தனிப்பிரிவும் தனி ஆய்வகமும் கொண்டு விளங்குகின்றது.



படம் 27 தேசியப் பூதவியல் ஆய்வகம்

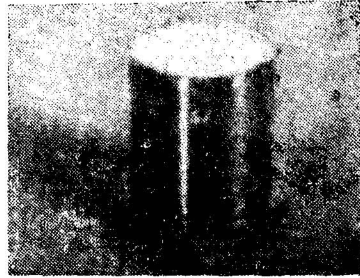
இந்திய தேசிய மூலமுன்மாதிரிப் படித்தர மீட்டர் எண்-4 கிலோகிராம் எண் 57 போன்ற படித்தர மூலமுன்மாதிரிகள் இங்குதான் பாதுகாக்கப் பெற்றுள்ளன.

காலத்தை அறிவிக்கும் ஒலிபரப்பையும் இந்நிறுவனம் மேற்கொண்டுள்ளது. நாள்தோறும் 11 மணியிலிருந்து 15 மணி (பிற்

பகல் 3 மணி) வரை புதுதில்லியில் 'கல்காசி'யில் உள்ள அதன் ஒலிபரப்பு நிலையமான ATAயில் இருந்து 10 MHZ (30 மீட்டர்)



படம் 28 இந்தியாவின் மூலமுன் மாதிரி மீட்டர் எண்-4



படம் 29 இந்தியாவின் மூலமுன் மாதிரிக் கிலோகிராம் எண்-57

இல் காலத்துக்கான அதிர்வச்சைகள் ஒலிபரப்பப் பெறுகின்றன. இது பத்துக்கோடியில் ஒரு பங்கு துல்லியம் மிக்கது.

இவ்வாறே எல்லா அலகுகளுக்கும் ஆன படித்தரங்கள் பாதுகாக்கப் பெற்று வருகின்றன.

அளவீட்டுத் துறையில் இந்நிறுவனம் ஆற்றியுள்ள பங்கு அளவிட இயலாது.

3.5.3. இந்திய அரசின் தங்கச்சாலை

இந்தியப் படித்தர நிறுவனம் தனது பணியைத் தொடர்வதற்கு முன்னர் அளவீட்டுத் துறையைக் கண்காணித்து வந்தது, இந்திய அரசுக்குக் காசடிக்கும் தங்கச்சாலைதான். தற்போதும் தேசியப் பூதவியல் ஆய்வகத்துக்கு உதவியாக அளவீட்டுப் படித் தரங்களை உருவாக்கும் பணியினைத் தங்கச்சாலை மேற் கொண்டுள்ளது.

4. அளவீடு பற்றிய அடிப்படைக் கருத்துகள்

அறிவியலுக்குத் துணை செய்வன அளவீடுகள். ஆயினும் அளவீடே ஒரு தனி அறிவியலாக, அளவியல் (metrology) என்ற பெயரில் தனித்துறையாக வளர்ந்துள்ளதை நோக்கும்போது அதன் இன்றியமையாமை தெளிவாகப் புலப்படும்.

இந்த அளவீடும், நேர்முக அளவீடு, மறைமுக அளவீடு என இருவகைப்படும்.

''சட்டைக்கு எவ்வளவு துணி வாங்கினீர்?'' என்றால் 2.5 மீட்டர் என்கிறோம். இது, நீளப்படித்தரமான மீட்டரின் படி (copy) ஒன்றால் அளந்து தரப்பட்டது. எனவே இதனை நேரடியான அளவீடு (direct measurement) எனலாம்.

மீட்டர்க்கோலைக் கொண்டு துணியை அளந்தது போலக் காலத்தை அளக்க இயலாது. காலம் மீண்டும் வராதது. அதனை நாம் ஒரே ஒருமுறைதான் கடக்கிறோம். நீளத்தை ஒப்பிட்டு அளந்ததைப்போல் ஒரு கால இடைவெளியை 'இன்னொரு' காலயிடைவெளிக்கு எதிராக வைத்து, குறைவா அன்றிக்கூடவா என அளக்க இயலாது. எனவே, கால அளவீடு, கடிகாரம் என்ற ஓர் எந்திரக் கருவியின் (mechanical device) சக்கர ஓட்டத்துடன் தொடர்புபடுத்தப்பட்டு, அதன் சுற்றோட்டம் குறிக்கும் கோணத்தால் அளக்கப்படுகிறது. இதனை மறைமுக அளவீடு எனலாம். குறிகாட்டி-நிறைகாட்டும் துலைகளில் நிறையை அளப்பதும் மறைமுக அளவீட்டின் பாற்படும். மின்சார மானிகள் காட்டும் அளவீடுகள் அனைத்தும் மறைமுக அளவீட்டின் பாற்பட்டவை.

இனி, அளவீடு என்ற சொல்லின் இலக்கணத்தை அறியலாம்.

4.1: கணிசம், எண்மதிப்பு, அலகு, பரிமானம்

ஒரு சொற்றொடரின் இலக்கணத்தை எவ்வாறு பகுத்தாய்கிறோமோ, அன்றி ஒரு செய்யுளின் இலக்கணத்தை எவ்வாறு

அலகிட்டுப் பகுத்தாய்கிறேமோ, அங்ஙனமோ, அளவீடு என்பதன் கருத்தையும் பகுத்தாயலாம்.

4.1.1. கணிசமும், எண்மதிப்பும், அலகும்

'மணி என்ற மாணவனின் உயரம் 1.8 மீட்டர்' என்ற சொற்றொடரில் மூன்று பிரிவுகள் அடங்கியுள்ளன. நாம் குறிப்பிடுவது, எழுவாய், பயனிலை, செயப்படுபொருள்—மூன்றையல்ல. அளவீட்டு அறிவியலின் நான்கு பிரிவுகளுள் உள்ள மூன்றைக் குறிப்பிடுகிறோம். அவையாவன: (1) (மணி என்ற மாணவனின்) 'உயரம்' என்ற கணிசம் (quantity) இது நீள அளவு என்பது வெளிப்படை. (2) 1.8 என்ற அளவிடு எண் அல்லது எண்மானம் (numeric). (3) மீட்டர் என்ற அலகு (unit). மணியின் உயரத்தை அடி என்ற அலகில் கூறும் பொழுது அவன் உயரம் 5·9 அடி என்கிறோம். இதில் (1) உயரம் என்ற நீள அளவுக்கணிசம் அதேதான். ஆனால் அளப்பதற்கு வேறோர் அடிப்படை அலகைக் கைக்கொண்டதால், அதற்குத் தக்க எண்மானமும் மாறிவிட்டது.

4.1.2. பரிமானம் (Dimension)

ஒரு கணிசத்தின் அலகை இருவேறுபட்ட திட்டங்களில் குறிக்கும்போது, அந்த இரு திட்டங்களின், குறிப்பிட்ட கணிசத்தின் அலகுகளின் தகவு, பரிமானம் எனப்படும். இது 4.2.4. இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

4.1.3. எண்மதிப்பும் அலகும் தலைகீழ்த் தகவின

'நீளம் 5.9 அடி' — இதில் 'நீளம்' என்ற கணிசத்தை A என்றும், '5.9' என்ற எண்மதிப்பை a_1 என்றும், அளக்கும் அலகான அடியை α_1 என்றும் குறிப்பிடுவோம்.* குறியீட்டில்

$$A = a_1 \alpha_1$$

இதனையே "நீளம் 1.8 மீட்டர்" என்னும்போது கணிசம் அதேதான். அஃதாவது A. எண் மதிப்பும் அலகும் மாறியுள்ளன. எணமதிப்பை a_2 என்க, அலகை α_2 என்க. முன் குறித்தது போலவே

$$A = a_2 \alpha_2$$

எனவே, $A = a_1 \alpha_1 = a_2 \alpha_2 = \ldots\ldots$

‡ 4.1.3. இதனை மேலும் சுருக்கமாகக் குறிக்கும் அடைப்புக் குறியீடு 4,2,3-இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது, அந்தக் குறியீடுகளே இந்நூலில் பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளன,

அல்லது, $\frac{a_1}{a_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$

அல்லது $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{a_2}{a_1}$

இதிலிருந்து, ஒரு கணிசத்தை அளக்குங்கால்,

"எண்மதிப்பும் அலகும் தலைகீழ்த் தகவின"

என்பது பெறப்படுகிறது. சென்டிமீட்டரில் அளந்தால் எண் மானம் 180; அதனினும் மிகுந்த மீட்டரில் அளந்தால் எண் மானம் 1.80 எனக் குறையும்; சிறிய மில்லிமீட்டரில் 1800 என எண்மானம் மிகுதியாகும்*

4.2. அடிப்படை* அலகும் வருவித்த அலகும் (Base Units and Derived Units)

அடிப்படைக் கணிசம் ஒன்றோ பலவோ
இணைவதில் வருவது வருவித்த கணிசம்!
அடிப்படைக் கணிசத் துடன்வரு வித்ததும்
வருவித்த துடன்வரு வித்ததும் இணைவதால்
பெறுகின்ற கணிசமும் வருவித்த கணிசமே?

4.2.1. அடிப்படைக் கணிசமும் அடிப்படை அலகும்

4.1.1. இல் குறிப்பிட்ட மேற்கோளில் மணியின் உயரம் 1.8 மீட்டர். இந்த உயரத்தை நீளம் என்ற ஒன்றைத் தவிர்த்த வேறு எளிதான ஒரே கணிசத்தால் (quantity) குறிப்பிட இயலாது. எனவே நீளம் என்பது ஓர் அடிப்படைக் கணிசம் (base quantity). இந்த அடிப்படைக் கணிசத்தை அளப்பதற்கு ஓர் **அடிப்படை** அலகு (base unit) தேவை இங்குக் குறிப்பிட்டதில் மீட்டர் என்பது அடிப்படை அலகு. இந்த மீட்டர் என்பது, மூலமுன்மாதிரி (prototype) ஒன்றிலிருந்து தருவிக்கப்பட்ட அலகு. இதனை மூலமுன்மாதிரியில் இருந்து வருவித்து அடிப்படை அலகு என்றும் அழைக்கலாம். இவ்வாறு, தேவையான அடிப்படை அலகுகளையும் மேற்கொள்ளலாம்.

*அடிப்படை (basic) என்பது, மூலமுதலான எனப் பொருள் தரக்கூடிய சொல்? இந்த இடத்துக்குப் பொருத்தமான சொல் 'அடி' (base) என்பதுதான். மடக்கை$_{10}$ π = 0. 4971 என்பதை, π 10இன் அடியில் = இன் மடக்கை 0.4971, என்று உரைப்பதே சரியானது. எனினும் 'அடி' என்ற சொல் தமிழில் பலபொருள் ஒரு சொல்லாக அமைவதால் அடிப்படை என் சொல்லலே இங்கு பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது. base-அடி; basic அடிப்படை base units என்பது தான் சரியான சொல்லாட்சி. இதுவே "Unite de base" என்ற பிரெஞ்சுத் தொடருடன் ஒத்து வரும்.

4.2.2. வருவித்த கணிசமும் வருவித்த அலகும்

நீளம் ஓர் அடிப்படைக் கணிசம். நீளத்தை நீளத்தால் பெருக்கினால் பரப்பு கிடைக்கும்.

$$A = KL_1L_2$$

இந்தப் பரப்பு நீளத்தில் இருந்து வருவித்த கணிசம்.
இவ்வாறே, கதி எனப்படும் திசைவேகப் (velocity)

**'ஓரலகு நேரத்தில் ஒரேதிசை யினில்துகள்
கடக்கும் தொலைவு கதிஎனப் படுமே'**

என அறிவோம். எனவே,

$$கதி = \frac{நீளம்}{நேரம்}$$

இதில் நீளம் ஓர் அடிப்படைக் கணிசம்; நேரமும் ஓர் அடிப் படைக் கணிசம் இந்த அடிப்படைக் கணிசங்களில் இருந்து வருவித்த கதி ஒரு வருவித்த கணிசம் ஆகும்.

இங்ஙனமே,

'நிறையின் முடுக்கம் விசையெனப் படுமே'

என்பதில், விசை F = நிறை m× முடுக்கம் a இதில் ஓர் அடிப் படைக் கணிசத்தையும் (நிறை), வருவித்த கணிசத்யையும் (முடுக்கம்) இணைக்கும்போது கிடைக்கும் விசையும் ஒரு வருவித்த கணிசம் தான்.

ஆக, அடிப்படைக் கணிசமோ அன்றி வருவித்த கணிசமோ அன்றி இவற்றுள் ஒன்றோ பலவோ இணைவதால் கிடைக்கும் கணிசங்கள் எல்லாம் வருவித்த கணிசங்களே.

இந்தக் கணிசங்களை அளக்கும் அலகுகளைக் காணலாம். நீளம் என்ற அடிப்படைக் கணிசத்தின் அலகு மீட்டர். மீட்டர் ஓர் அடிப்படை அலகு.

பரப்பு = நீளம்×அகலம் = < மீட்டர × மீட்டர் > = (m^2) எனவே, பரப்பு 'சதுரமீட்டர்' அல்லது ''மீட்டர் இருபடி'' என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது. இது ஒரு வருவித்த அலகு ஆகும். இங்ஙனமே பிரித்தானிய முறையில் 'ஏக்கர்' என்பது ''அடி'' என்ற அலகில் இருந்து வருவித்த ஓர் அலகே.

இங்ஙனமே, கதி என்ற வருவித்த கணிசத்தின் அலகு ஆன 'நொடிக்கு...மீட்டர்' மீட்டர் நொடிக்கு'' ms^{-1} என்பது ஒரு வருவித்த அலகு.

விசையின் அலகு கிலோகிராம் மீட்டர் நொடியிரு படிக்கும் $kgms^{-2}$ எனவரும், எனினும் விசையின் மிகுதியான பயன் பாட்டை உணர்ந்து இந்த வருவித்த அலகுக்கு **நியூட்டன்** என்று, தனிப்பெயர் தரப்பட்டுள்ளது.

ஆக, வருவித்த கணிசங்களைக் குறிக்கும் அலகுகள் அனைத் தும் வருவித்த அலகுகளே! வருவித்த அலகுகள் அனைத்தும் அடிப்படையலகுகளில் இருந்து தருவித்தவையே.

இதனை முகவுரையாகக் கொண்டு, அளவியலுக்கான வரையறுக்கும் சமன்பாடு முதலான இலக்கணத்தை அறிய முற்படலாம்.

4.2.3. வரையறுக்கும் சமன்பாடு (Defining equation)

ஒரு நிலத்தின் நீளம் L_1; அகலம் L_2 எனில், அதன் பரப்பு,

$$A = L_1 L_2$$

என அறிவோம். ஆனால் உண்மையில் இது

$$A = K L_1 L_2$$

என்றுதான் இருக்க வேண்டும். இதில் K என்பது, நாம் அளக்க எடுத்துக்கொண்ட அலகுகளைப் பொறுத்தும், வரையறுப்புத் தொடர்புகளைப் பொறுத்தும் வேறுபடும் ஒரு மாறிலி. நாம், ஒரே வகையான அளவீட்டுத் திட்டத்தைப் பயன்படுத்தி வருவ தால், செவ்வகத்தின் பரப்பில் K என்ற மாறிலியின் மதிப்பை 1 என நம்மையறிலாமலேயே கைக்கொள்கிறோம்.

பரப்பு என்ற கணிசத்தையும் நீளக் கணிசத்தால் அளக்க உதவும்:

$$A = KL_1 L_2$$

என்ற சமன்பாடு **வரையறுக்கும் சமன்பாடு** எனப்படும்.

இந்த மாறிலி 1-2க்குச் சமம் இல்லாமல் மாறுபட்டிருக்கும் போதுதான் வேறுபட்ட அலகுத் திட்டங்களில், அலகுகள் ஒரு திட்டத்தில் இருந்து மறுதிட்டத்துக்கு மாற்றுவதில் எல்லாச் சிக்கல்களும் எழுகின்றன.

இனி, மாறிலி K-யின் மதிப்பு 1 என்னும் சமன்பாடு தெரி விப்பது என்ன என அறியலாம்:

$$A = L_1 L_2$$

இதில் L_1 என்பது 220 அடி என்றும் L_2 என்பது 198 அடி என்றும் கொள்வோம். (இதுவரை மிகுதியாய்ப் பயன்பாட்டில் இருந்த

பிரித்தானிய அலகு, நடைமுறை வழக்கத்துக்காகவும், வேறு பாட்டுக்காகவும் இங்கு எடுத்தாளப் படுகிறது.). எனவே A என்பது 230 × 198 'சதுர அடி'

$$A = L_1 L_2$$

43560 சதுர அடி = 220 அடி × 198 அடி

நாம் குறித்த A, L_1 L_2 என்பன அவற்றுக்குரிய எண்மானத்தை யும் அலையும் ஒரு சேரக் குறிக்கும் குறியீடுகள் ஆகும். எனி னும் நாம் A, L_1 L_2 என்பன என்மானத்தை மட்டுமே அஃதா வது 220, 198 போன்றவற்றையே குறிப்பிடுவதாகக் கருது கிறோம். அவை அலகையும் சேர்ந்த குறிக்கும் இவற்றை வேறு படுத்த வேறொரு வகையான குறியீட்டைக் கையாளலாம்:

$\{L_1\}$ எண்ணிக்கையுள்ள $<L>$ அலகைக் கொண்டது L_1 என்ற கணிசம். $\{L_1\} = 220$; $<L> =$ அடி. எனவே

$$L_1 = \{L_1\} <L>$$

இதில் கடக அடைப்புக்குள் உள்ள $\{L_1\}$ என்பது வெறும் அளவிடு எண். கூர் அடைப்புக்குள் உள்ள $<L>$ உள்ள நீளத்தின் அலகு அதே அலகை (அடியைக்) கொண்டே L_2-ஐ அளப்பின்

$$L_1 = \{L_2\} <L>$$

அஃதாவது, L_2 என்பது $\{L_2\}$ எண்ணிக்கையுள்ள $<L>$ அலகுகள்.

இவ்வழியில், $A = \{A\} <A>$

எனவே, $\{A\} <A> = \{L_1\} \{L_2\} <L> <L>$

$$\{A\} <A> = \{L_1\} <L>^2 \text{............}*$$

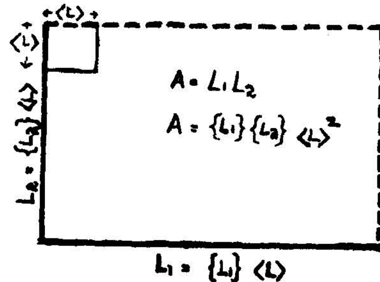
இதிலிருந்து, பரப்பின் அலகு,

$$<A> = <L>^2$$

பரப்பின் அளவு (அஃதாவது எண்மானம் அல்லது எண் மதிப்பு)

$$\{A\} = \{L_1\} \{L_2\}$$

இவற்றைக் கீழ்க்கண்ட பட விளக்கத்தால் அறியலாம்



படம் 30 அளவீட்டுக்கான சமன்பாடுகள்

*நீளத்தையும் அகலத்தையும் வெவ்வேறு அலகுகளில் கைக்கொண்டால்

$$\{A\} <A> = \{L_1\} \{L_2\} <L_1> <L_2>$$

என ஆகும்.

கணிசச் சமன்பாடு quantity equations $A = L_1 L_2$
அலகுச் சமன்பாடு unit equation $<A> = <L>^2$
அளவு (எண்மதிப்பு)ச் சமன்பாடு measure equation
$\{A\} = \{L_1\}\{L_2\}$
பரிமானச் சமன்பாடு dimensional equation $\{A\} = L_2$

4. 2. 4. பரிமானச் சமன்பாடு (dimensional equation):

அலகின் தகவை, அதன் படிநிலையோடு குறிப்பிடுவதற்குப் பயன்படும், சமன்பாடு, பரிமானச் சமன்பாடு எனப்படும். அடி, சென்டி மீட்டர், மீட்டர் என வெவ்வேறு திட்ட அலகுகளில் நீளத்தை அளக்கலாம். அவ்வாறு அளக்கும்போது, அக்கணி சத்தின் அலகுச் சமன்பாடும் எண்மானச் சமன்பாடும் மாறி விடும். எனினும் நீளம் என்ற கணிசம் மாறாமல் இருக்கிறது. அங்ஙனமே பரப்பு என்ற கணிசமும் மாறாமல் இருக்கிறது. அவ்வாறு உள்ளபோது, அது

$$[A] = [L]^2 = [L^2]$$

எனக் குறிப்பிடப்படும். உண்மையில் இதன் பொருள் என்ன என்பதைக் காணலாம். பரப்பின் அலகு,

x என்ற அலகுத் திட்டத்தில் $<A>_x = <L>^2{}_x$
y என்ற அலகுத் திட்டத்தில் $<A>y = <L>^2y$
எனின், அவை

$$\frac{<A>_x}{<A>_y} = \frac{<L>^2{}_x}{<L>^2{}_y} = \left(\frac{<L>_x}{<L>_y}\right)^2$$

இதனைக் கொண்டு, எந்த அலகுகளைப் பயன்படுத்தினாலும் பரப்பு, பொதுவாக நீளத்தின் இருபடிப் பரிமானம்' உடையது என எளிதாகக் கூறலாம். இந்த விளக்கம், குறியீட்டில் சுருக்கமாக

$$[A] = [L^2]$$

எனப் பரிமானச் சமன்பாடாகக் குறிக்கப்படுகிறது.

இந்தப் பரிமானச் சமன்பாடு, அடிப்படைக் கணிசத்தின் அலகு மாறும்போது, வருவித்த கணிசத்தினி அலகு எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதைத் தெரிவிக்கிறது. எடுத்துக் காட்டாக, அடிப்படை அலகு 1 அடியில் இருந்து 1 கஜத்துக்கு மாறினால் (1கஜம் = 3 அடி), வருவித்த அலகு 1 சதுர அடியில் இருந்து 1 சதுர கஜத்துக்கு மாறும் அப்போது, 1சதுரகஜம் = 3 அடி $\times$ 3 அடி = 9 சதுர அடி இவ்வாறே மீட்டரில் இருந்து சென்டி மீட்டருக்கு மாறும்போதும், 1m = 100cm (=10^2cm) என்பதால்

$$1\text{சதுரமீட்டர் } 1\ m^2 = 10^2\ cm \times 10^2 cm = 10^4 cm^2$$

4.2.5. சமன்பாட்டில் ஏறிய மாறிலி

வடிவியல் ஒப்புமை உடைய உருவங்களில் பரப்பைக் குறிக்கும் எண்மானத்துக்கும், நீளத்தைக் குறிக்கும் எண்மானத்துக்கும் இடையில் உள்ள தகவு ஒரு மாறிலியாகும்.

$$\{A\} <A> = \{L\}^2 <L>^2$$

$$<A> = \frac{\{L\}^2}{\{A\}} <L>^2$$

இதில் ($\{L\}^2/\{A\}$) என்பது ஒரு மாறிலி. இதனை K எனக் குறிக்கலாம். எனவே

$$K = \frac{\{L\}^2}{\{A\}}$$

வரையறுக்கும்போது, 1 மீட்டர் பக்கம் உள்ள சதுரத்தின் பரப்பு 1 சதுரமீட்டர் எனக் கொள்கிறோம். இப்படித்தான் வரையறுக்க வேண்டும் என்பதில்லை; வேறு வகையாகவும் வரையறுக்கலாம் (காண்க; 12.5.1). எனினும் எளிமையின் பொருட்டும், மரபுப்படியும், சதுரப்பரப்பை அளக்கும் அலகு 'சதுர மீட்டர் எனக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறான சதுர மீட்டர்' (m^2) அளவுத் தகடு ஒன்றை கொடுக்கப்பட்ட பரப்பின் மீது ஒத்தி ஒத்தி அளப்பதாகக் கருதிக் கொள்ளலாம். (கட்டத்தாளில் கட்டங்களை எண்ணிப் பரப்பைத் தீர்மானிப்பது போலக் கருதுக).

சதுரத்தின் பரப்புக்கான சமன்பாடு

$$A = K L^2$$

நமது வரையறையான L = 1 மீ

A = 1 சதுரமீட்டர் என்பதை இதில் இட்டால்

1 சதுரமீட்டர் = K 1 m^2

அல்லது, $K = \frac{1 \text{ சதுரமீட்டர்}}{1 \text{ மீட்டர்}}$ .... (*)

அஃதாவது, K-இன் எண்மதிப்பை 1 ஆக ஆக்கும் வரையறையை நாம் மேற்கொண்டுள்ளோம்

* $$A = K L^2$$

$$\{A\} <A> = K \{L\}^2 <L>^2$$

அல்லது, $K = \frac{\{A\}}{\{L\}^2} \frac{<A>}{<L>^2} = \frac{1 \text{ சதுர மீட்டர்}}{1^2 \text{ மீட்டர்}^2}$

மாறிலியின் மதிப்பை $A = KL^2$ என்ற சமன்பாட்டில் இட,

$$A = \left(1 \ \frac{\text{சதுரமீட்டர்}}{\text{மீட்டர்}^2}\right) (\text{L மீட்டர்})^2$$

நீள—பரப்புக் கணிசத்துக்கு இந்த 'சதுர மீட்டர்' வரையறைப்படியிலான அலகுகளைக் கைக்கொண்டு வட்டத்தின் பரப்பை அளக்க முயல்வோம். {L} மீட்டர் விட்டம் உள்ள வட்டத்தின் பரப்பு

$$\{A\} \text{ சதுர மீட்டர்} = \left(\frac{\Pi}{4} \ \frac{\text{சதுர மீட்டர்}}{\text{மீட்டர்}^2}\right)(\text{L மீட்டர்})^{-2}$$

இதில் மாறிலியின் மதிப்பு $\left(\frac{\Pi}{4} \ \frac{\text{சதுர மீட்டர்}}{\text{மீட்டர்}^2}\right)$ ஆகும்.

இத்தகைய விரிவுரைகள் சுருக்கப்பட்டு சதுரத்தின் பரப்பு

$$A = L^2$$

என்றும் வட்டத்தின் பரப்பு

$$A = \frac{\Pi}{4} L^2$$

என்றும் குறிக்கப்பெறுகின்றன.

எனவே, ஓரலகுப் பக்கம் உள்ள சதுரத்தின் பரப்பைப் **பரப்பின்அலகு** - ஆகக் கொண்டால், எடுத்துக்கொண்ட ஒரு சதுரப்பரப்பின் எண்மான மதிப்பு அதன் பக்கத்தை இரட்டித்ததற்குச் (வர்க்கித்ததற்கு) சமம்; வட்டப் பரப்பின் எண்மான மதிப்பு, விட்ட இரட்டியை (விட்ட வர்க்கத்தை) $\frac{\pi}{4}$ -ஐக்கொண்டு பெருக்கிய மதிப்புக்குச் சமம்.

4.2.6. வருவித்த அலகின் உருவாக்கம்

அடிப்படை அலகுக்கும், வருவித்த அலகுக்கும் எடுத்துக்காட்டாக, நீளத்தின் அலகையும், பரப்பின் அலகையும் மேற்கொண்டோம். இவ்வாறே எந்த வருவித்த அலகையும் பகுத்தாயலாம். வருவித்த அலகை உருவாக்குவதற்குக் கைக்கொள்ள வேண்டிய வழிமுறைகள் ஆவன.

1. வருவிக்கும் அலகுக்குத் தேவையான அடிப்படை அலகுகளின் கணிசங்கள் எவை எனத் தேர்ந்து கொள்ளவேண்டும்;

(எடுத்துக்காட்டு) விசையின் அலகு நியூட்டன் இதற்குத் தேவையான அலகுகளின் கணிசங்கள் நீளம் L, நிறை M, நேரம் T.

2. அடிப்படை அலகின் பரிமானத்தை நிறுவவேண்டும் அஃதாவது (L^1, M^2, T^3 போல) அதன்படி நிலையை அறிய வேண்டும்.

3. அடிப்படை அலகுகளால் அளக்கப்படும் கணிசங்களுக்கும், வருவித்த அலகுக்கான கணிசத்துக்கும் உள்ள வரையறைத் தொடர்பைத் தேர்ந்து கொள்ள வேண்டும்.

(எ-டு) விசை $= K \times$ நிறை $\times$ முடுக்கம்

4. இறுதியாக வரையறுப்புத் தொடர்பில் உள்ள தகவுக் கூற்றெண்ணின் மதிப்பை '1' ஆக (அல்லது ஏதாவது ஒரு மாறாத எண்ணாக) ஆக்க வேண்டும்.

1 kg நிறைக்கு 1 ms^{-2} முடுக்கம் கொடுக்கும் விசையை 1 நியூட்டன் என வரையறுத்தால்

1 நியூட்டன் $N = K\,(1kg) \times (1ms^{-2})$

அல்லது , $K = 1 \dfrac{N}{kg\ ms^{-2}}$

இந்த வழிமுறைகளின் அடிப்படையில் சில வருவித்த அலகு களைத் தருவிக்கலாம்.

(1) திசைவேகம் என்ற கதி (Velocity): நீளத்தை நேரத்தால் வகுக்கக் கிடைப்பது கதி.

$$V = K\frac{l}{t}$$

இதில் நாம் கைக்கொள்ளும் நீள, நேர, கதி அலகுகளைப் பொறுத்து K என்ற மாறிலியின் மதிப்பு அமையும். நமது வரையறுப்புச் சமன்பாட்டில் $l = 1$ மீட்டர், $t = 1$ நொடி எனின் $v = 1$ மீட்டர்/நொடி எனக்கொண்டு K-இன் மதிப்பை 1 ஆக்குகிறோம்.

(2) முடுக்கம் (Acceleration): கதியின் அலகைத் தீர்மானித்தாயிற்று. அடுத்தது முடுக்கம் (a) கதியின் மாற்றமேனி முடுக்கம். எனவே

$$a = K\ \frac{V_2 - V_1}{t}$$

முன்போலவே, $\{V_2 - V_1\} = 1$, $\{t\}, = 1, \{a\} = 1$ எனக்கொண்டு $K = 1$ என்கிறோம்.

வருவித்த அலகுடன் (v), அடிப்படை அலகு (t) ஒன்றை இணைத்து மேலும் ஒரு வருவித்த அலகை உருவாக்கியுள்ளோம்.

3. விசை (Force) : அடுத்து, விசையைக் கருதுவோம். விசை என்ற கணிசத்தின் அலகையும், ஏனைய எந்தக் கணிசத்தின் அலகையும் போலவே, சார்பிலாத அடிப்படையலகாக் கருதலாம். எனினும், நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க நெறியில் இருந்தே நாம் விசையை வரையறுப்பதால், அது விருவித்த அலகாகத் திகழ்கிறது.

$$F = Kma$$

இதில் m-துகளின் நிறை, a-முடுக்கம். K-மாறிலி வழக்கம் போலவே, $\{m\} = 1$, $\{a\} = 1$, $\{F\} = 1$, எனவே $[F] = 1$; எனவே $\{K\} = 1$ எனக்கொண்டு, விசையின் அலகை, ஓரலகு நிறையுள்ள துகளுக்கு ஓரலகு முடுக்கத்தைக் கொடுப்பது ஓரலகு விசை என வரையறுக்கிறோம்.

$$K = \frac{F}{ma}$$

S1-இல் $< F > =$ நியூட்டன் N; $< m > =$ கிலோகிராம் kg; $<a> = \mathrm{m\,s^{-2}}$. எனவே

$$K = \frac{1\,\mathrm{N}}{1\ \mathrm{kg\ m\ s^{-2}}} = 1\,\frac{\mathrm{N\,s^2}}{\mathrm{kg\,m}}$$

K-இன் மதிப்பை இட,

$$F_{\mathrm{N}} = \left(1\ \frac{\mathrm{N\,s^2}}{\mathrm{Kg\,m}}\right)\left(m\ \mathrm{kg}\right)\left(a\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}\right)$$

இதுதான் நாம் மேம்போக்காகக் கருதும் $F = ma$ என்ற சமன்பாட்டின் S 1-உட்பொருள். இங்ஙனமே egs-இல், '1 கிராம் நிறைக்கு 1 $\mathrm{cm\,s^{-2}}$ முடுக்கம் கொடுக்கவல்ல விசை 1 டைன்' எனக் கொண்டு,

$$<F> = \mathrm{dyn}\ ;\ <m> = \mathrm{g}\ ;\ <a> = \mathrm{cm\,s^{-2}}$$

$$F_{dyn} = 1\ \left(1\ \frac{\mathrm{dyn\,s^2}}{\mathrm{g\,cm}}\right)\left(m\,\mathrm{g}\right)\left(a\,\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s^2}}\right)$$

என விசை, 'டைன்'-இல் வரையறுக்கப்படும். இதில் மாறிலி

$$\mathrm{K} = 1\,\frac{\mathrm{dyn\,s^2}}{\mathrm{g\,cm}}$$

என்பது வெளிப்படை.

இங்ஙனமே நமது வழக்கில் இருந்து நீங்கிய *fps*-திட்டத்தில் 'பவுண்டல்'ஐயும் வரையறுக்கலாம் : 1 பவுண்டு நிறைக்கு நொடியில் நொடிக்கு 1 அடி முடுக்கத்தைக் கொடுக்கும் விசை 1 பவுண்டல் எனப்பட்டது. இதன்படி,

$$F_{\text{pdl}} = \left(1 \ \frac{\text{pdl s}^2}{\text{lb ft}} \right) \left(m \text{ lb} \right) \left(a \ \frac{\text{ft}}{\text{s}^2} \right)$$

என வரையறுப்புச் சமன்பாடு அமையும்.

4.2.7. மாறிலியின் மதிப்பு வேறு எண் ஆயின் ?...

இதுவரை K = 1 எனக் கொண்ட கணிசங்களையே வரையறுத்து வந்தோம். K-'1'க்குச் சமம் இல்லாமலும் (K ≠ 1) கொள்ளலாம்.

1. கதி (K≠1) ; மீண்டும் கதிக்குரிய வாய்பாட்டைக் காணலாம்.

$$V = K \frac{l}{t}$$

l-ஐ மீட்டரிலும், t-ஐ நொடியிலும் V-ஐ **கிலோ மீட்டர் / மணி**-யிலும் அளக்கும் ஒரு திட்டத்தைக் கருதுவோம். அப்போது,

$$K = V \times \frac{t}{l} = \frac{1000 \text{ m}}{60 \times 60\text{s}} \times \frac{1 \text{ s}}{1\text{m}} = \frac{1000}{3600}$$

எனவே, இத்தகைய ஓர் அலகுத் திட்டத்தில் $K = \frac{10}{36}$

$$\text{ஆகவே, } V = \frac{10}{36} \times \frac{l}{t}$$

இதில் $\langle V \rangle$ km h^{-1} ; $\langle l \rangle = $ m ; $\langle t \rangle = $ s என்பவை மறக்காது குறிக்கப் பெற வேண்டும்.

2. பரப்பு (K ± 1) ; இவ்வாறே fps திட்டத்தில் பரப்பை ஏக்கரிலும், நீள அகலங்களை அடியிலும் கூறுவதாயின்

$$A = K L_1 L^2$$

(fps திட்டத்தில் 1 ஏக்கர் = 4840 × 9 அடி^{2} = 43560 அடி^{2})
என்ற சமன் பாட்டில் உள்ள மாறிலியின் மதிப்பு

$$K = \frac{1}{43560}$$

ஆகும். அல்லது ஏக்கரில் கூறப்பெறும் பரப்பு

$$A = \left(\frac{1}{43560}\right) L_1 L_2$$

3. பருமம் (கொண்மை) $K \neq 1$ அணைக்கட்டுகளில் தேங்கியுள்ள நீரின் பரும அளவை அறிய அடித்தளப் பரப்பையும் உயரத்தையும் பெருக்க வேண்டும். அடித்தளப் பரப்புக்கு ஏக்கர் என்ற அலகு, உயரத்துக்கு அடி என்ற அலகும் பயன்பட்டு வந்தன. எனவே நீர்ப்பருமம்

c = ...ஏக்கர்—அடி

என்ற பரும அளவில் அளக்கப்பட்டது.

இங்ஙனமே நீளத்துக்கு ஒரு நீள அலகையும், அகலத்துக்கு மற்றொரு நீள அலகையும் பரப்புக்குப் பிறிதோர் அலகையும்கூடக் கைகொள்ளலாம். இதில் இருந்து, அலகுகளைப் எப்படியும் கையாளலாம் என்பது புலப்படும்.

எனினும் எந்த வகையான அலகுகளை மேற்கொண்டாலும், எல்லா இடத்திலும் அதே அலகுகளையே கையாள வேண்டும். அப்போதுதான் ஒரே மாறிலியைப் பயன்படுத்தி திட்ட அலகுகளை ஒருமைப்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

எனவே, எளிதாக, இயல்பாக அமைவதற்கு, பெரும்பாலான இடங்களில் K=1 என வருவிக்கக் கூடிய அலகுகளையே பயன்படுத்துகிறோம். அலகுகளின் எண்ணிக்கை கூடக்கூட மாறிலிகளின் எண்ணிக்கையும் அதிகரிக்கும்.

4.2.8. வருவித்த அலகின் பெயரீடு:

பரப்பை அளப்பதற்கு ஓரலகு நீளம், ஓரலகு அகலம் (நீளமே) கொண்ட ஒரு 'செவ்வகத்தின்' (அஃதாவது சதுரத்தின்) பரப்பை அளவிடும் அலகாகக் கொண்டோம். இதற்கு **ஓரலகுப் பரப்பு** என்ற தனி அலகுப் பெயரைக் கையாள்கிறோம்.

இவ்வாறே கதிக்கு தனி அலகுப் பெயர் ஒன்றையும் முடுக்கத்துக்கு ஒன்றையும் — எடுத்துக் காட்டாக <V> = mes (from Metre per Second) அல்லது <V> = Vel (from Velocity); <a> = ac அல்லது எவராவது ஓர் அறிவியலறிஞர்

பெயரையோ—கூடக் கூறலாம். இவ்வாறு எல்லா வருவித்த அலகுகளுக்கும் தனிப்பெயர் இட்டால், அவையே எண்ணிக்கை மிகுந்து அளவீட்டுத் திட்டத்தைச் சிக்கல் மிக்கதாக்கி விடும். இதனாலேயே பயன்பாட்டில் இருந்து வரும் பாஸ்கல் (= அழுத்தின் அலகு $N\,m^{-2}$) முதலான அலகுப் பெயர்கள்கூட தனி அலகாக நெடுங்காலம் ஏற்றுக் கொள்ளப் பெறவில்லை. எனவே மீண்டும் மீண்டும் பல வகையாகத் தொடர்ந்து கணக்கீடுகளில் வரும் சில வருவித்த அலகுகளுக்கு மட்டும் தனிப்பெயர் சூட்டப் பெற்றுள்ளன. ஏனையவை அவற்றின் அடிப்படை அலகாலேயே அழைக்கப்படும். இதனால் கணக்கீடுகள் மிக எளிமையாய் அமையும்.

SI இல் கதியின் அலகு ms^{-1}; முடுக்கத்தினது ms^{-2} இவ்வழியில் விசையின் அலகு $<F> = kg\,ms^{-2}$ எனவரும். விசையின் அலகுக்கு இதைத்தவிர வேறு பயன்பாடு இல்லையெனின் இருந்துவிட்டுப் போகலாம். ஆனால்

$$\text{திறன்} = \frac{\text{வேலை}}{\text{நேரம்}}$$

$$\text{வேலை} = \text{விசை} \times \text{தொலைவு} \ (l = \text{நீளம்})$$

$$\text{விசை} = \text{நிறை} \times \text{முடுக்கம்}$$

$$\text{முடுக்கம்} = \frac{\text{கதி}}{\text{நேரம்}}$$

$$\text{கதி} = \frac{\text{நீளம்}}{\text{நேரம்}}$$

எனவே,

$$\text{திறன்} = \frac{\text{நீளம்}}{\text{நேரம்} \times \text{நேரம்}} \times \frac{\text{நிறை} \times \text{நீளம்}}{\text{நேரம்}}$$

இதனையே அலகீட்டில் $m^2\,kg\,s^{-3}$ எனக் குறிக்கிறோம். இதன்படி $m^2kg\,s^{-3}$- இல் அடங்கியிருப்பது என்ன என்பதை அறிவதே சிக்கலாகப் போய்விடும். மேலும், 'திறன்', மிகுந்து வழக்கத்தில் வரும் இயல்களில் ஒவ்வொரு முறையும் $m^2\,kg\,s^{-3}$ எனக் கூறுவதும் குறிப்பதும் தொல்லையானதே. இதற்கு ஈடாக $m^2kg\,s^{-3}$ —உக்குச் சமமான வாட்-W என்பதை மேற்கொள்வது எளிமையாய் அமையும்.

இங்ஙனமே, கொண்மத்தின் அலகு $A\,s\,V^{-1}$ ஆகும்.

$$A\,s\,V^{-1} = A\,s\,(WA^{-1})^{-1} = A\,s\,W^{-1}\,A = A^2\,s\,W^{-1}$$
$$= A^2 s\,(m^2\,kgs^{-3})^{-1} = m^{-2}kg^{-1}\,s^4\,A^2$$

$m^{-2}kg^{-1}\ s^4\ A^2$ என்ற அலகுத் தொகுதிக்கு ஈடான ஒரே அலகுப் பெயராக பேரட் (farad-F) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

எனவே, தொடர்ந்து பயன்படும் சில முக்கியமிக்க அலகுகளுக்குத் தனிப்பெயர் சூட்டப்பெற்றுள்ளன. இந்த அலகுகளின் பெயர்கள், அவ்வத்துறையில் முறைபோகிய அறிவியலறிஞர்களின் பெயர்களாக அமைக்கப்பெற்றுள்ளன. (எ-டு) விசை <F> = நியூட்டன் — N; வேலை <W> = செளல் — J; திறன் <P> = வாட் — W

வருவித்த அலகுகளுக்கு இடப்பட்டுள்ள பெயர்களை 14.3.3. இல் காணலாம்.

4.2.9. அலகுகளின் சமஉரிமை

அடிப்படைக் கணிசம் என்றவுடன் அவை தலையாயவை என்றும். வருவித்த கணிசங்கள் என்றவுடன் அவை அடிமட்டமானவை என்றும் தவறாகக் கருதிவிடக் கூடாது. குறிப்பிட்ட சூழ்நிலையில் நமக்கு ஏந்தாக இருக்குமாறு சிலவற்றை அடிப்படைக் கணிசங்களாகவும் மற்றவற்றை வருவித்த கணிசங்களாகவும் கருதுகிறோமே யன்றி வேறன்று. இக் கூற்று கணிசங்களின் அலகுகளுக்கும் அப்படியே பொருந்தும்.

நீளம், நிறை, நேரம் என்ற கணிசங்களைப் பொதுவாக அடிப்படைக் கணிசங்களாகக் கொள்கிறேம். இதன்படி, விசை ஒரு வருவித்த கணிசம் ஆனால் கம்மிய இயலில் (engineering) விசையை அடிப்படைக் கணிசம் ஆகக் கொள்வது கம்மிய அளவீடுகளை மிகவும் எளிமையாக்குகிறது. இவ்வாறே விசையியலில் (mechanics) விசையை அடிப்படையாகக் கொண்டால் பல கணக்கீடுகள் செறிவாய் அமையும். இதனால் கம்மிய இயலில் நீளம், நேரம், விசை—என்ற விசையலகுத் திட்டம் பெரிதும் பயன்பட்டு வருகிறது. இதன்வழியில் நிறை ஒரு வருவித்த அலகு.

$$[M] = FL^{-1}T^2$$

எனவே அளவீட்டுத் திட்டங்களில் ஒன்றில் அடிப்படைக் கணிசமாக—அலகாக இருக்கும் ஒன்று, மற்றொன்றில் வருவித்த கணிசமாக—அலகாக விளங்கும். கணிசங்களிலோ அன்றி அலகுகளிலோ ''புனிதமானவை'' யென்றோ, ''தாழ்த்தப்பட்டவை'' என்றோ எவையும் கிடையா. அனைத்தும் சம உரிமை உடையனவே.

4. 3. அலகுத்திட்டத்தை அமைத்தல் CONSTRUCTING A SYSTEM OF UNITS

அலகும், நெறிமுறையும் : அடிப்படை அலகுகளையும், அதிலிருந்து வருவித்த அலகுகளையும் கொண்டு, உருவாக்கும் ஓர் அமைப்பே அலகுத்திட்டம் எனப்படும். முதலில் (1) அடிப்படையான சில அலகுகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொண்டு, (2) வரையறைத் தொடர்பின் உதவியால் தேவையான (3) வருவித்த அலகுகளைப் பெறவேண்டும். இரண்டாவதாகக் குறிப்பிட்ட வரையறைத் தொடர்பு இருவகைப்படும்.

1. வரையறையின் பாற்பட்டன : அடிப்படை அலகுகளைக் கொண்டு ஒரு புதுக் கணிசத்தை வரையறுப்பது.

$$(\text{எ-டு}) \quad \text{முடுக்கம்} = \frac{\text{கதிமாற்றம்}}{\text{நேரம்}} = \frac{\text{நீளம்/நேரம்}}{\text{நேரம்}} = \frac{\text{நீளம்}}{\text{நேரம்}^2}$$

2. நெறிகளின் பாற்பட்டன : தெரியியல் மூலமாகவோ, செயல்முறை வழியாகவோ உற்றறிந்த கணிசங்களின் தொடர்புகள்.

(எ-டு) கூலூம் நெறி (Coulomb's law)
அனைத்து ஈர்ப்பு நெறி (Universal law of gravitation)

திட்ட அமைப்புக்கூறு : வரையறையின் பாற்பட்டது எனினும், நெறிகளின் பாற்பட்டது எனினும், ஓர் அலகுத் திட்டத்தை அமைக்க உதவுவன:

1. அடிப்படைக் கணிசங்கள் (குறிப்பாக அவற்றின் எண் மதிப்பு)
2. வரையறுப்புத் தொடர்பு
3. தகவுக் கூற்றென் (மாறிலி K)

ஆக, மூன்றே !

4.3.1. அலகுத் தேர்வு

ஆக, மூன்றே கணிசங்களையும், அவற்றின் அலகுகளையும் விருப்பத்துக்குத் தக்கவாறு எடுத்துக்கொண்டு ஓர் அலகுத் திட்டத்தை அமைக்கலாம். மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி (mks) என்றும்; சென்டி மீட்டர் $= 10^{-2}$m), கிராம் $(= 10^{-3}$kg), நொடி என்றும் (cgs); அடி, பவுண்டு, நொடி என்றும் (fps)

அடிப்படைக் கணிசங்களின் வேறுபட்ட அலகுகளைக் கொண்ட திட்டங்கள் யாவும் அலகுகளையும் எப்படி வேண்டுமானாலும் எடுத்துக் கொள்ளலாம் என்பதைத் தெரிவிக்கும்.

நீளம், நிறை, நேரம் என்பதற்கு மாறாக, நீளம், நேரம், விசை என்ற கணிசங்களைக் கொண்ட விசையலகுத் திட்டம், கணிசங்களையும் எப்படி வேண்டுமானாலும் தேர்ந்து கொள்ள லாம் என்பதைப் புலப்படுத்தும்.

4.3.2. வரையறைத் தொடர்பும் தகவுக் கூற்றெண்ணும்

வரையறைத் தொடர்பையும் தகவுக்கூற்றெண்ணையும் எவ்வாறு வேண்டும் என்றாலும் தேர்ந்துகொள்ளலாம். அவற்றைத் தேர்ந்துகொள்ளும் முறைக்குத் தக்க, அலகுத் திட்டங்கள் வெவ்வேறாய் அமையும். இக்கூற்று, பின்வரும் எடுத்துக்காட்டால் புலப்படும்.

விசையை, நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க நெறியில் இருந்து தருவிக்கிறோம். அஃதாவது

$$F = K_i \; ma$$

இதிலுள்ள K_i என்ற தகவுக் கூற்றெண் (proportionality factor) நாம் தேர்ந்துகொள்ளும் அலகுகளைப் பொறுத்து அமையும். இந்தக் கூற்றெண் சடமை மாறிலி (inertial constant) எனப் பெறும். இந்த மாறிலி K_i இன் மதிப்பை 1ஆகக் கொண்டு விசையை வரையறுக்கிறோம்.

நியூட்டனின் இயக்கநெறியில் இருந்துதான் விசையை வரையறுக்கவேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. நீளம், நிறை, நேரம் என்ற அதே அடிப்படைக் கணிசங்களைக் கொண்டு, முற்றிலும் இயற்கையோடு ஒத்த வேறொரு நெறியில் இருந்தும் விசையைத் தருவிக்கலாம். அத்தகைய ஒரு நெறி அனைத்து ஈர்ப்புநெறி ஆகும்.

அதன்படி

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

m_1, m_2 என்ற நிறைகள் r இடைவெளியில் உள்ளபோது அவற்றுக்கு இடையிலான விசை F. அதே கணிசங்களின் அதே அலகுகளை யிட்டு K-ஐ 1 ஆக்கி விசையின் அலகைத் தருவிக்க லாம். இதற்கு 'grafo'* என்று ஒரு பெயர்கூடச் சூட்டலாம்.

*grafo - இந்நூலாசிரியனால் தற்காலிகமாகப் புனையப்பட்ட பெயர்

இந்த ஈர்ப்பு விசை அலகையே நாம் விசையலகாகப் பயன்படுத்தினால், நியூட்டனின் இயக்க நெறி விசையலகு $N = 1.5 \times 10^{10}$, grafo;* நியூட்டனின் விசைச்சமன்பாட்டில் உள்ள தகவு மாறிலியின் மதிப்பு

$$K = \frac{1.5 \times 10^{10} \text{ grafo s}^2}{\text{kg m}}$$

சடமை நெறியின் வழியாக வருவித்த விசைக்குரிய அத்தனைத் தகுதிகளும், ஈர்ப்புநெறியின் வழியாக வருவித்த விசைக்கும் முழுவதுமாக உண்டு. நாம் சடமை நெறியையே கைக்கொண்டு வருவதால், அது எளிதாகத் தோன்றக்கூடும். அவ்வளவே! நாம் நமது வரையறைகளுக்குச் சடமை மாறிலியை 1 எனக் கைக்கொண்டு பயன்படுத்தி வருவதால், ஈர்ப்பு மாறிலி

$$K_G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

என்ற மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது.

ஈர்ப்பு மாறிலியின் எண்மதிப்பை 1 எனக் கொண்டு, இதன் வழியிலேயே, வேலை, திறன் போன்றவற்றின் அலகுகளைத் தருவித்தால் அது ஒரு தனி அலகுத்திட்டமாக விளங்கும்.

கணிசங்களையும் அவற்றின் அலகுகளையும் மாற்றாமல் பயன்படுத்தியும், வரையறைத் தொடர்பு ஒன்று மட்டும் மாறுபட்டதால் வேறொரு அலகுத்திட்டம் உருவாகி விட்டதல்லவா!

4.3.3. அடிப்படைக் கணிசங்கள் எத்தனை ?

வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளையும், தகவு மாறிலிகளையும் எப்படியும் எடுத்துக்கொண்டு அலகுத்திட்டங்களை உருவாக்கலாம். அது சரி. அலகுத்திட்டத்துக்கான அடிப்படைக் கணிசங்கள் (அல்லது அவற்றின் அலகுகள்) எத்தனை எனத்தீர்மானிப்பது? அந்த அந்தத் துறைக்குத் தேவையான வகையில் எண்ணிக்கையற்ற அடிப்படை அலகுகளைக் கைகொள்வதா அல்லது ஒன்றிரண்டு அடிப்படை அலகுகளை — இல்லையெனில் அடிப்படையலகு என எதுவும் இல்லாததாகக் கைக்கொள்ளலாமா?

* கடமை மாறிலி $K = 1$ வழியிலான விசைச் சமன்பாடு

$$F = K_G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2} \text{ இதன் வழியில் } K_G = F \times \frac{r^2}{m^1 m^2}$$

இதில் m_1, m_2 கிலோகிராமிலும் r மீட்டரிலும் F நியூட்டனிலும் அளக்கப் பெறுவதால் $K_G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$ என்ற மதிப்பைப் பெறுகிறது, மாறாக நிறையலகையும் (kg), நீள அலகையும் (m) மாற்றாமல் கைக்கொண்டு, ஈர்ப்பு வழியில் ஆன அலகுத்திட்டத்தை மேற்சொள்வதற்காக ஈர்ப்பு மாறிலி (K_G)ஐ மட்டும் 1 ஆக்கினால், கடமை மாறிலி வழியிலான விசை மதிப்பு $1/6.67 \times 10^{-11} = 1.5 \times 10^{10}$ என ஆகும்,

கணக்கற்ற அளவுகளை ஒன்றிரண்டு அலகால் அளப்பது எப்படி? அதிலும் அலகு என்று ஒன்றும் இல்லாமல் அளக்க இயலுமா, என்ன? இதற்கு விடை, இயலும் என்பதே. இதன் விளக்கத்தை 5. 3. 4. இல் காண்க.

அடிப்படை அலகுகளின் எண்ணிக்கை மிகுந்தால் பொது மாறிலிகளின் எண்ணிக்கை மிகும். எனவே கணக்கீடுகள் சிக்க லானவையாக அமையும். அவற்றை மனத்தில் இருத்தவும் இயலாது. அடிப்படை அலகுகளுக்கும், பொதுமாறிலிகளுக்கும் கணக்கற்ற படித்தர அலகுகள் அமைப்பதும் எளிதல்ல; அவற் றில் துல்லியமும் இராது.

அடிப்படை அலகுகளின் எண்ணிக்கை மிகவும் குறைக்கப் பட்டால், அடிப்படை அலகுகளும் சரி, வருவித்த அலகுகளும் சரி, மிகப் பெரியதாகவோ அன்றி மிகச் சிறியதாகவோ விளங்கி நடைமுறைப் பயனுக்கு உதவாது போய்விடும்.

எனவே, நாம் இருபுறமும் சாராது, நடுநிலையாக ‘அதிக எண்ணிக்கையிலும் வேண்டாம்; மிகக் குறைந்த எண்ணிகையிலும் வேண்டாம்’ என இரண்டுக்கும் இடையில் ஓர் எண்ணிக்கையைக் கைக்கொள்ளலாம். ஏழிசையின் இசைப் பயனில் மயங்கிய இயைபியலார் தோபிரீனர் (Dobreiner) ஏழு சுரவரிசையின் அடிப்படையில் தமது தனிமப் பட்டியலை வகைப் படுத்தியதை ஒப்ப, நாமும் ஏழுஅடிப்படை யலகுகளைக் கைக்கொள்ளலாமே !

வழக்கமாக வரும் நீளம், நேரம், நிறை என்ற கணிசங்களின் (SI) அலகுகளான மீட்டர், நொடி, கிலோகிராம்-இவற்றை விசையியலுக்குக் கைக்கொள்ளலாம். இத்துடன் ஏனைய இயல் களின் சிறப்பலகு ஆக ஒவ்வொன்றை இணைத்துக் கொள்ளலாம். இதன்படி,

வெப்ப இயலுக்கு <வெப்ப நிலை> = கெல்வின்
ஒளி. இயலுக்கு <ஒளிர்வச்செறிவு> = காந்திலா
மின்சார இயலுக்கு <மின்னோட்டம்> = ஆம்பியர்
அணு மற்றும் இயைபியலுக்கு <பண்டளவு > = மோல்

என நான்கு அலகுகளைச் சேர்த்து அடிப்படை அலகுகளை ஏழு ஆகக் கொள்ளலாம். இவற்றைக் கொண்டு எளிமையான, இயல்பான, நடைமுறைக்கு உகந்த ஓர் அலகுத் திட்டத்தை உருவாக்கலாம். அவ்வாறு உருவாக்கிய ஓர் அலகுத்திட்டம்தான் **அனைத்து நாட்டு அலகுத்திட்டம் (SI)**

4.3.4. ஓரியன்மைத் திட்டங்களும் ஓரியன்மை அலகுகளும் (coherent systems and coherent units)

ஓரியன்மையையும், வேறியன்மையையும் எளிதாக விளக்குவதற்கு, பரப்பை வரையறுக்கும் சமன்பாட்டை மீண்டும் எடுத்துக் கொள்வோம்.

$$A = L_1 \; L_2$$

1 நீளம் அடியிலும் பரப்பு சதுர அடியிலும் (K = 1): நீளத்தை அடியிலும், பரப்பைச் சதுர அடியிலும் அளக்கும் K = 1 திட்டத்தில் $A = L_1 L_2$ சரிதான். எடுத்துக்காட்டாக {A} = 220 × 198 = 43560. இதன்படி A = 43560 சதுர அடி

2. நீளம் அடியிலும் பரப்பு ஏக்கரிலும் (K = 1): நீளத்தை அடியிலும் பரப்பை ஏக்கரிலும் அளக்கும் ஓர் அலகுத்திட்ட மதிப்புகளை $A = L_1 L_2$ — இல் இட

{A} = 220 × 198 = 43560; <A> = ஏக்கர் இதனை, ஏக்கரைப் பரப்பின் அலகாகக் கொண்ட கணிசச் சமன்பாட்டில் இட்டால்

A = 43560 ஏக்கர்

என்றாகிவிடும். இது பொருத்தமற்றதல்லவா!

இந்த இரு வழிமுறைகளில்,

(1) அடிப்படை நீள அலகாக அடியையும், வருவித்த பரப்பு அலகாகச் சதுர அடியையும் கொண்டு $A = L_1L_2$ என்ற வரையறுப்புச் சமன்பாட்டால் தொடர்புற்ற இந்தத் திட்டம் ஓரியன்மைத் திட்டம் ஆகும்.

(2) மாறாக, நீளத்துக்கு அடியையும், பரப்புக்கு ஏக்கர் ஐயும் கொண்டு, $A = L_1L_2$ என்ற வரையறுப்புச் சமன்பாட்டால் தொடர்புற்ற ஒரு திட்டம் ஓரியன்மையற்ற திட்டம் ஆகும்.

3. நீளம் அடியிலும், பரப்பு ஏக்கரிலும் (K ≠ 1): இந்த ஓரியன்மையற்ற திட்டத்தின் அதே அலகுகளைக் கைக்கொண்டு $A = L_1 \; L_2$ என்ற வரையறுப்புச் சமன்பாட்டைத் தக்கபடி பயன்படுத்தினால், ஓரியன்மையற்ற திட்டத்தையும் ஓரியன்மையுற்ற திட்டமாக ஆக்கலாம்.

$$A = K \, L_1 \, L_2$$

இதில் மாறிலியின் மதிப்பு {K} = 1/43560 எனின் நீள அலகு அடியிலும் பரப்பின் அலகு ஏக்கரிலும் இருக்கலாம்.

$$A = \frac{1}{43560} \times L_1L_2; \{A\} \text{ ஏக்கர்} = \left(\frac{1 \text{ ஏக்கர்}}{43560 \text{அடி}^2}\right) L_1 \text{ அடி } L_2 \text{ அடி}$$

நீளம் 220 அடி, அகலம் 198 அடி எனில் பரப்பு 1 ஏக்கர் எனவரும். எடுத்துக்காட்டாக $L_1 = 660$ அடி $L_2 = 990$ அடி எனில் பரப்பு 15 ஏக்கர் என ஏக்கரிலேயே கிடைக்கும். தக்க மாறிலியைக் கைக்கொண்டதால் வேறியன்மைத் திட்டத்தையும் ஓரியன்மையாக்க இயன்றது.

$$A = K L_1 L_2$$
$$\{A\} = K \{L_1\} \{L_2\}$$

பொதுவாகக் **கணிசக் குறிகளும் எண்மதிப்பு அளவும் ஒருங்கியைந்து வரும் சமன்பாட்டைக் கொண்ட திட்டம் ஓரியன்மைத் திட்டம்** ஆகும்.

முதல் திட்டத்தில் $\langle A \rangle$ = சதுர அடி; $\langle L_1 \rangle = \langle L_2 \rangle$ = அடி; $K = 1$

மூன்றாம் திட்டத்தில் $\langle A \rangle$ = ஏக்கர் ; $\langle L_1 \rangle = \langle L_2 \rangle$ = அடி; $K = 1/43560$

எனினும் இரண்டாம் திட்டத்தில்

$\langle A \rangle$ = ஏக்கர் ; $\langle L_1 \rangle = \langle L_2 \rangle$ = அடி, $K = 1$ என்று இருந்ததால் ஓரியன்மை யற்றதாக இருந்தது.

ஓரியன்மைத் திட்டத்தில் உள்ள எல்லா அலகுகளும் ஓரியன்மை அலகுகளே. இதன்படி $\{K\} = 1$ என இருந்த திட்டத்தில் அடியும் ஏக்கரும் ஓரியன்மையற்றிருந்தன. அந்த அலகுகளே $\{K\} = 1/43560$—எனக் கொண்ட திட்டத்தில் ஓரியன்மை யுடையனவாய் விளங்கின.

இன்னும் விளக்கமாகக் கூறினால் ஒவ்வொரு மற் சார்பிலாக் கணிசத்துக்கும் (independent quantity) ஒவ்வோர் அடிப்படையலகைக் கைக்கொண்டு, அடிப்படை அலகுகளைப் பெருக்குவதாலோ அன்றி வகுப்பதாலோ, வருவித்த அலகுகள் நேரடியாகக் கிடைக்குமாறு உள்ள ஓர் அளவை முறை **ஓரியன்மைமுறை** ஆகும். வருவித்த அலகுகளில் பத்தின்படி உள்ளிட்ட எந்த எண்மானக் காரணியும் வரக்கூடாது என்பது வெளிப்படை. மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி என்ற மூன்று அலகுகள் ஓரியன்மையாகவும் வேறியன்மையாகவும் அமையும் எடுத்துக் காட்டுகளைக் காணலாம்:

$$\begin{aligned}(1)\ \text{dyn cm}^{-2} &= (\text{g} \times \text{cm} \times \text{s}^{-2}) \times \text{cm}^{-2} = \text{gcm}^{-1}\text{s}^{-2} \\ &= 10^{-3}\ \text{Kg} \times (10^{-2}\text{m})^{-1} \times \text{s}^{-2} \\ &= 0.1\ \text{Kg} \times \text{m}^{-1} \times \text{s}^{-2}\end{aligned}$$

(2) $Nm^{-2} = kg \times m^{-1} \times s^{-2}$
(3) atmos = $101\ 325 \times kg \times m^{-1} \times s^{-2}$
(4) bar = 10^5 kg = $m^{-1} \times s^{-2}$

இவற்றில் (2) Nm^{-2} மட்டுமே ஓரியன்மையானது; எந்த வகைக் காரணியும் உடன் கொண்டதல்ல. இந்த Nm^{-2} என்பது SI அலகு என்பது தெரிந்ததே !

4.4. அடிப்படை அலகுகளைத் தேர்தல் CHOICE OF BASE UNITS

அடிப்படை அலகுகளை மிகுந்த எண்ணிக்கையில் கைக் கொள்வதும்; அன்றி இரண்டு அல்லது ஒன்று அல்லது ஒன்று மில்லாமலும் கைக்கொள்வதும் நடைமுறைக்கு உகந்ததல்ல என அறிந்தோம் (4.3.3). இனி, அடிப்படை அலகுகளை நமக்கு ஏற்ற அளவில் தேர்ந்தெடுக்கலாம்.

4.4.1. அடிப்படை அலகு

நீளம், பரப்பு, பருமம் அல்லது கொண்மை (volume or capacity) போன்ற அளவுகள், தொன்முது-பழங்காலத்திலேயே அடிப்படைக் கணிசங்களாகக் கொள்ளப்பட்டன. நீளத்துக்கு அடி என்ற அடிப்படை அலகைக் கையாண்டோம். பரப்புக்கு ஏக்கர் என்ற அலகும் பயன்பட்டது.

பரப்பு = நீளம் × அகலம் என நீளத்தால் அளக்கப்படுவதால் நீளத்தை மட்டும் அடிப்படைக் கணிசமாகக் கொண்டால் போதும். பரப்பு அடிப்படைக் கணிசம் ஆக இருக்கவேண்டியதில்லை; வருவித்த கணிசம் ஆக இருக்கட்டும். எனவே, ஏக்கர் என்ற ஓர் அலகை அடிப்படையலகு ஆகக் கொள்ளவேண்டியதில்லை. இவ்வாறே பரப்பு, "மீட்டர்^{2}"ஆல் அளக்கப் பெறுவதால் "சதுர மீட்டர்" அடிப்படையலகாக இருக்க வேண்டியதில்லை.

இங்ஙனமே பருமமும் நீளத்தால் அளக்கப்படும் $V = L_3$ இவ்வாறு ஓர் அடிப்படையலகுக்கு நேரடித் தொடர்புடைய அலகுகளை அடிப்படை அலகுகளாகக் கொள்ள வேண்டியதில்லை ; வருவித்த அலகாகக் கொள்வதற்கு மறுப்பில்லை.

4.4.2. ஏந்துக்கான அலகு

5.3.4.-ல் காட்டுமாறு எல்லா அலகுகளையும் ஓரலகுக்கே தொடர்புபடுத்தலாம். எனினும் அலகுகளை நடைமுறைஅளவியலுக்குத் தக்கவாறு கைக்கொண்டால்தான் பயன்பெற இயலும்.

இவ்வாறே நீளம், நேரம், நிறை என்ற கணிசங்களை விசையியலுக்கும். அதன் வழியாகவே ஏனைய இயல்களுக்கும் பயன்படுத்துகிறோம். இவை தவிர ஒவ்வொரு இயலுக்கும் சிறப்பலகாக ஒன்றை ஏற்றுக் கொண்டுள்ளோம் (எ-டு) மின்சார இயலுக்கு மின்னோட்டம்.

மின்னோட்டத்தை நீளம், நேரம், நிறை என்ற மூன்று கணிசங்களாலேயே அளந்துவிடலாம்

$$[I] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$$

எனினும் அளவீட்டு எளிமைக்காகவும் ஏந்துக்காகவும் மின்னோட்டத்தின் அலகும் அடிப்படையலாகக் கொள்ளப்பட்டது.

இவ்வாறே, 4.3.3-ல் குறித்தவாறு ஏழு அலகுகளை SI இல் அடிப்படை யலகுகளாகக் கொண்டுள்ளோம். அடிப்படையலகு ஆவதற்குத் தகுதியும் உரிமையும் உடைய தளக் கோணத்தின் அலகான ரேடியன் என்ற ஆரையனும் திண்மக் கோணத்தின் அலகான ஸ்டெரேடியன் என்ற திணாரயனும் துணை அலகு (supplementary units) களாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

4.4.3. படித்தரத் தகுதிகள்

இனி இந்த அடிப்படை அலகுகள், அவற்றுக்கான படித்தரங்கள் (standards). துல்லியமாக அளப்பதற்கும் எவ்விடத்திலும் எளிதாய் மீட்டு உருவாக்கிக் கொள்ளத் தக்கதாகவும், அழியாததாகவும் மூலமுதல் படித்தரம் அழிந்து போனாலும் புதிதாய் உருவாக்கிக்கொள்ள இயற்கை யமைப்புக்கு உட்பட்டவாறும், காலதேச வர்த்தமான மாறுபாட்டால் பாதிக்கப்படாததாகவும் இருக்க வேண்டும். அப்போதுதான் அளவீடு என்பது பொருள் பொதிந்ததாய் விளங்கும் (படித்தரங்களின் உருவாக்கம் 2-ஆம் அதிகாரத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ளது) இப்போதுள்ள படித்தரங்களில் வெப்பநிலை மட்டுமே குறைந்த துல்லியம் உடையது. அஃதாவது, கெல்வினில் நூற்றில் ஒரு பாகத்துல்லியத்துக்கு மேல் அளக்க இயலாது. மூலமுதல் படிதரத்தில் கிலோகிராம் ஒன்றுதான் இன்னும் இயற்கை வரையறுப்புக்கு உட்படாமல் உள்ளது.

இவ்வாறு, அடிப்படையலகுகளையும், அவற்றால் உருவான வருவித்த அலகுகளையும் கொண்ட தொகுதி அலகு திட்டம் (system of units) எனப்பெறும். அத்தகைய பல்வேறு அலகு திட்டங்களை 5-ஆம் அதிகாரத்திலும் 12ஆம் அதிகாரத்திலும் காணலாம்.

5. அளவீட்டுத் திட்டங்கள்

'வெவ்வேறு வகையான அளவீட்டுத் திட்டங்கள் பலவற்றை உருவாக்க இயலும். அளவீடு பயன்படும் அமைப்பைப் பொறுத்தும் நமது தேவை அல்லது நோக்கத்தைப் பொறுத்துமே குறிப்பிட்ட ஒரு திட்டம் உகந்த ஒன்றாக அமையும்.'

—**P. W. பிரிட்ஃமான்**

திட்டம் என்பதை ''ஓர் ஒழுங்குமுறையான அமைப்பு'' எனக்கூறலாம். எடுத்துக்காட்டாக, நீளம், நேரம், நிறை என்ற மூன்று கணிசங்களை ஓர் ஒழுங்கமைப்புக்கு உட்படுத்தி ஓர் அளவீட்டுத் திட்டத்தை உருவாக்கலாம். இந்த மூன்று கணிசங்களுக்கும் தனித்தனியான அலகுத்தொகுதிகளைப் பயன்படுத்தும் போது, அந்த அலகுத் தொகுதியால் அமைந்த ஒவ்வோர் ஒழுங்கமைப்பும் ஓர் அலகுத்திட்டம் எனப்பெறும்.

இந்த அலகுத்திட்டம் — அல்லது அளவீட்டுத்திட்டம் நாட்டுக்கு நாடு — ஏன்? மாநிலத்துக்கு மாநிலம் — மாவட்டத்துக்கு மாவட்டம் கூட வேறுபட்டிருந்தன. பல்வேறு வகையான அலகுகளும், அவற்றை உட்கொண்ட அலகுத்திட்டங்களும் அளவீட்டைக் குழப்பிக் கொண்டிருந்தன. இவை யாவும் நீக்கப்பட்டு மெட்ரிக் அளவுத்திட்டம் என்ற பதினமுறை அலகுத் திட்டம் எல்லா நாடுகளிலும் கைக்கொள்ளப் பெற்று வருகிறது.

மெட்ரிக் திட்டத்தை உலகில் பெரும்பாலான நாடுகள் மேற்கொண்டுவிட்டன. பழைமையை விடாது போற்றும் பிரித்தானியரும் தமது அலகுத்திட்டத்தைக் கைவிட்டுவிட்டு 1970—75-ல் நேரடியாக SI-க்கு மாறிவிட்டனர். ஐரோப்பாவில் அக்கம்பக்கத்து நாடுகளை யெல்லாம் கைப்பற்றிய மாமறவன் நெப்போலியன் தன் ஆட்சிக்குட்பட்ட நாடுகள் அனைத்தும் மெட்ரிக் திட்டத்தை மேற்கொள்ளுமாறு செய்தான். வாட்டர்லூச் (Waterloo) சண்டையில் நெப்போலியனை பிரித்தானியக் கோமகன் வெல்லிங்டன் தோற்கடித்ததால் இங்கிலாந்து பிரான்சின் ஆட்சிக்குள் வரவில்லை. ஆயினும் வாட்டர்

லூப் போர் முடிந்த 160 ஆண்டுக் காலத்தில், (அஃதாவது 1975-ல்) இங்கிலாந்திலும் பிரான்சின் மீட்டர் செங்கோல் ஓச்சு கிறது. இன்னும் மெட்ரிக் திட்டத்துக்கு உட்படாத உலகின் பெரிய நாடுகள் அமெரிக்க ஒன்றியமும் (USA), கனடாவும் தாம்.

மீட்டரை முன்னுரைத்த பிரான்சு நாட்டில் 1962 சனவரி முதல் நாளில் இருந்து SI தவிர்த்த பிற அலகுத்திட்டங்களைப் பயன் படுத்துதல் குற்றமாகக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

1956 திசம்பர் 8-ஆம் நாள் இந்தியப் பாராளுமன்றம் நிறை வேற்றிய சட்டப்படி 'மீட்டர்' - கிலோகிராம் - நொடி - ஆம்பியர்' திட்டமே நமது நாட்டின் அலகுத்திட்டமாகச் சட்டப்படுத்தப்பட்டுள்ளது (அளவீட்டுப் படித்தரங்களுக்கான 1956 ஆம் ஆண்டின் 89 ஆம் சட்டம்)

அறிவியல் வயப்பட்ட பல்வேறு அலகுத்திட்டங்களும் மெட்ரிக்முறையையே பின்பற்றியவை. பிரித்தானிய fps அலகுத்திட்டம் ஒன்றுமட்டும் இதற்கு விலக்கானது. மெட்ரிக் முறையின் சிறப்பு, அதன் ''பெருக்கி''யான 10-ல் தான் அடங்கியுள்ளது. இந்தப் பதின எண்மான முறையும், சுழியும் இந்தியாவில் — தமிழகத்தில் இருந்தே ஏனைய உலக நாடு களுக்குப் பரவின என முன்னரே அறிந்துள்ளோம். மெட்ரிக் முறை, பதினப்புள்ளியின் (decimal point) உதவியால் எண் மானத்தை எளிதாய்க் குறிக்க உதவுவதோடு, தொகுதி, பகுதி என்ற வேறுபாடும், பிற எண்களின் பெருக்கல்களும் தேவையற்ற தாகச் செய்து விடுகிறது. எனவே, இயல்பான, எளிய ஓரியன் மைத் திட்டத்தை உருவாக்கக் கைகண்ட அளவீட்டு மூலம் ஆக இது அமைகிறது. எனவேதான் இயைபியல் மேதையாக மாறிய வழக்குரைஞர் லவாய்சியர், ''மாந்தனது அறிவியல் வரலாற்றில் இதைவிட நுட்பமான, சிக்கலற்ற ஆனால் அதே சமயம் மிக எளிதான ஒருமுறையை அவன் கண்டதேயில்லை'' என்றார்.

இனி எடுத்துரைக்கப்படுகிற அலகுத்திட்டங்களில் பிரித் தானிய fps திட்டம் ஒன்று தவிர்த்த ஏனைய எல்லா மெட்ரிக் முறையைச் சார்ந்தனவே!

முதல் வழக்கத்திட்டம் அலகுத்திட்டம் என்ற பெயரில், கணிசங்களை அளப்பதற்காக அலகுகளை ஒருங்கு சேர்த்த ஒரு திட்டம் 1812-ல் பரிந்துரைக்கப்பட்டது. இது, வழக்கத்திட்டம் (Systeme Usuel) என வழங்கப்பட்டது.

5.1. சார்பிலா மூன்றலகுத் திட்டங்கள்

பழங்காலத்தில் இருந்து தொடர்ந்து வழக்கத்தில் இருந்து வரும் கணிசங்கள் மூன்று. அவை, நீளம், நேரம், நிறை என்பன. இந்த மூன்றே மூன்று கணிசங்ளை அடிப்படையாகக்கொண்ட ஓர் அலகுத்திட்டம் தான் சார்பிலா அலகுத்திட்டமாகத் திகழும் என்ற கருத்தை 1832-இல் அறிஞர் கௌசு (K. F. Gauss 1777-1855) தெரிவித்தார். அன்றிலிருந்து இத்தகைய மூன்றலகுத் திட்டங்களுக்குச் **சார்பிலா அலகுத்திட்டம்** எனப் பெயர் வழங்கு கிறது. உண்மையில் நாம் இப்போது பயன்படுத்தும் SI-ஏழலகுத் திட்டமும் ஒரு சார்பிலா அலகுத்திட்டமே. எனினும் 'சார்பிலா' என்ற ஒட்டு மூன்றலகுத் திட்டங்களுக்கே உரிமையாகி விட்டது.

அலகுத்திட்டங்கள் பெரும்பாலும் அவற்றின் அடிப்படை யலகுகளாலேயே குறிக்கப் பெறுகின்றன.

1. கௌசியத்திட்டம் : மில்லிமீட்டர் - மீல்லிகிராம்-நொடித்திட்டம்.
2. egs திட்டம்: சென்டி மீட்டர் - கிராம் - நொடி அலகு திட்டம்
3. MTS திட்டம் : மீட்டர் - டன் - நொடித் திட்டம்.
4. mks திட்டம் : மீட்டர் - கிலோகிராம் - நொடி அலகுத் திட்டம்.
5. fps திட்டம் : அடி - பவுண்டு - நொடி அலகுத்திட்டம்

இத்திட்டங்கள் ஒவ்வொன்றையும் பற்றிச் சுருக்கமாகத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

5.1.1. கௌசிய அலகுத் திட்டம் (Gaussion system)

1832-ல் சார்பிலா அலகுத் திட்டம் என்ற கருத்தை வெளியிட்ட கௌசு, வீபர் (Weber) என்னும் அறிஞருடன் இணைந்து 1851-ல் ஓர் அலகுத்திட்டத்தை அமைத்தார். இந்த அலகுத் திட்டத்தின் அடிப்படை அலகுகள் மில்லி மீட்டர், மில்லிகிராம், நொடி என்பன.

கணிசம்	கௌசியத்திட்ட அலகு	SI மதிப்பு
நீளம்	மில்லி மீட்டர்	$= 10^{-3}$ மீட்டர்
நிறை	மில்லி கிராம்	$= 10^{-6}$ கிலோகிராம்
நேரம்	நொடி	= 1 நொடி

இதிலுள்ள மில்லிமீட்டர், மில்லிகிராம் ஆகிய சிற்றலகுகள் நடைமுறைப் பயனுக்கு ஒத்துவரவில்லை. எனவே சென்டிமீட்டர், கிராம் - இவற்றை அடிப்படையலகுகளாகக் கொண்டதிட்டம் பரிந்துரைக்கப்பட்டது. இந்த cgs திட்டத்துக்கும் கௌசியத் திட்டம் என்ற பெயர் எப்படியோ வழக்கத்துக்குவந்துவிட்டது!*

5.1.2. சென்டிமீட்டர் - கிராம் - நொடி (cgs) அலகுத்திட்டம்

மெட்ரிக் அளவுத்திட்டத்தைப் பயன்படுத்த *1864*-லேயே பிரிட்டன் ஒப்புதல் அளித்திருந்தபோதிலும், *1875*-ல் கூடிய முதல் அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு அமைப்புக் (I International metric convention) கூட்டத்துக்கு பிரிட்டனை பிரான்சு விரும்பி அழைத்தும், பிரிட்டன் அதில் கலந்து கொள்ளவில்லை. எனினும் பதின அளவை முறையை அது கைக்கொள்ளத் தயங்கவில்லை.

1873-ல் அறிவியல் மேம்பாட்டுக்கான பிரித்தானியக் கழகம் (British Association for the Advancement of sciences) அறிவியல் அளவீட்டுக்கு ஏந்தாக அமையுமாறு மெட்ரிக் திட்டத்தைச் சற்றே மாற்றியமைத்துப் பரிந்துரைத்தது. இதன்படி, நீளம், நிறை, நேரம் என்ற கணிசங்களுக்கு முறையே மீட்டரில் 100-ல் 1 பங்கான சென்டிமீட்டரையும் (centimetre); நிறைக்கு, கிலோ - கிராமில் 1000-இல் 1 பங்கான கிராம் (gram) ஐயும், நேரத்துக்கு வழக்கமான நொடியையும் அடிப்படை அலகுகளாகக் கொண்டது.

கணிசம்	cgs அலகுத்திட்டம்	SI மதிப்பு
நீளம் l	சென்டிமீட்டர் cm	$= 10^{-2}$ மீட்டர்
நிறை m	கிராம் g	$= 10^{-3}$ கிலோகிராம்
நேரம் t	நொடி s	$= 1$ நொடி

இந்த அலகுகளின் முதல் எழுத்துக்களைக் கொண்டு இது cgs-அலகுத் திட்டம் எனப்பட்டது.

இந்த மூன்று அடிப்படையலகுகளைக் கொண்டே, விசையியல் மட்டும் அல்லாது, காந்த மின்சார இயல்கள் உள்ளிட்ட

* தொண்டு (9) என்ற சொல் வழக்கிழந்தவுடன் அடுத்த இடத்தில் இருந்த தொண்பது (90), ஒன்றாம் இடத்துக்கு இறங்கி ஒன்பது என ஆனது போல mm-mg-s திட்டம் வழக்குக்கு வர இயலாததால், நீளம்-நிறை-நேர அலகைப் பரிந்துரைத்தவர் பெயர், அதற்கு அடுத்த cgs திட்டத்துக்கு இறங்கி ஒட்டிக் கொண்டது போலும்!

அனைத்து இயல்களையும் அளக்கவேண்டும் என்பது இத்திட்டத்தின் நோக்கம். இதன்படி மின்னோட்டச் செறிவு

$$[I] = L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}$$

என முன்னரே அறிந்துள்ளோம்.

மின்சார இயலுக்கான சீராக்கமுற்ற cgs திட்டம் **எவிசைடு லாரன்சு அலகுத்திட்டம்** என வழங்கப்படும். இதனையும் பிற cgs மின்சார அலகுத் திட்டங்களையும் மின்சார இயலில் காண்க.

5.1.3. மீட்டர்-டன்-நொடி (MTS) அலகுத்திட்டம்

1919-ல் பிரான்சு நாட்டில் மிகவும் விளம்பர படுத்தப் பட்டு, கோலாகலமாக எடுத்துரைக்கப்பட்ட திட்டம்தான் மீட்டர்-டன்-நொடி அலகுத் திட்டம். இதில் நிறையின் அலகு 1 டன் = 1000 கிலோகிராம்-ஆகக் கொள்ளப்பட்டது. இத் திட்டத்தில் விசையின் அடிப்படை அலகு ஸ்தெனே (sthene) எனப்பட்டது. 1 ஸ்தெனே $=10^3$ நியூட்டன் ஸ்தெனே, கயிறு எனப் பொருள்பட funal எனவும் முன்னர் வழங்கப்பட்டது.

இந்தத் திட்டம் நடைமுறைக்கு உதவாததால் வழக்கத்தில் இருந்து நீக்கப்பட்டது.

5.1.4. மீட்டர்-கிலோகிராம்-நொடி (mks) அலகுத்திட்டம்

மின்சார இயலுக்கு என சியார்சி பரிந்துரைத்த நான்கலகுத் திட்டத்தில், விசையியலுக்குப் பயன்படும் மூன்றலகுத்திட்டம், இது இதனையும் இதனை ஒத்த பிற அலகுத் திட்டங்களையும் மின்சார இயலில் காண்க.

5.1.5. அடி-பவுண்டு-நொடி (fps) அலகுத்திட்டம்

பிரிட்டனில் உருவான இந்த அலகுத்திட்டம், ஆங்கிலேயரின் ஆளுகைக்கு உட்பட்ட நாடுகளில் எல்லாம் நடைமுறை வழக்கத்தில் இருந்தது.

கணிசம்	fps அடிப்படை அலகு	SI மதிப்பு
நீளம் l	அடி ft	$=0.304\ 799\ 47$m $\simeq 0.304\ 8$m
நிறை m	பவுண்டு lb	$=0.453\ 592\ 338$kg $\simeq 0.453\ 6$kg
நேரம் t	நொடி s	$= 1$ நொடி

இந்த அலகுத்திட்டத்தின் மடங்குகளும், பின்னங்களும் எந்த வகையான நெறிக்கோ ஒழுங்குக்கோ உட்படவில்லை.

நீளம்

12	கோடு	= 1 அங்குலம் (inch)
12	அங்குலம்	= 1 அடி (foot)
3	அடி	= 1 கஜம் (yard)
$5\frac{1}{2}$	கஜம்	= 1 கம்பம் (pole rod)
40	கம்பம்	= 1 பர்லாங் (furlong)
8	பர்லாங்கு (படைச்சால்)	= 1 மைல் (mile)

நிறை

16	டிராம்	= 1 அவுன்சு (ounce)
16	அவுன்சு	= 1 பவுண்டு
14	பவுண்டு	= 1 கல்லெடை
28	பவுண்டு	= 1 குவார்ட்டர்
112	பவுண்டு	= 1 நூற்றெடை (CWT)
2240	பவுண்டு	= 1 டன்

இந்த வாய்பாடுகளிலும் அயர்லாந்து மைல் 2240 கோல் ஆகவும், அமெரிக்க (சிறு)டன் 2000 பவுண்டு ஆகவும் விளங்கு கிறது.

இதன் மடங்குகளும், பின்னங்களும் பதினமுறையில் இல்லாதது மட்டுமல்லாமல் வேறு ஏதாவது ஓர் எண்மான முறையையும் சீராகக் கடைப்பிடிக்கவில்லை. 3, $5\frac{1}{2}$, 8, 12, 14, 16, 40 என வேறுபட்ட வாய்பாடுகளாய் விளங்குகிற இது, தன்னளவிலும் ஒத்துவரவில்லை; பிற திட்டங்களுடன் ஒப்பிட வும் ஒத்து வருவதில்லை. இத் திட்டத்தைக் கைக்கொண்டு அளவிடும் ஒவ்வொன்றுக்கும் மிகுந்த கணக்கீடு தேவையாகும்.

இதனால் மாணவர்கள், அறிவியல் அறிஞர்கள், தொழில் நுட்ப வல்லுநர்கள் கணக்கீட்டிலேயே தங்கள் காலத்தை மிகுதி யாகச் செலவு அளிக்கவும்—செலவாய் அழிக்கவும் வேண்டிய திருக்கிறது. மேலும் வாய்பாடுகளையும், மாற்றுப்பட்டியல் களையும் மனனம் பண்ண வேண்டிய தொல்லை வேறு! அத்துடன் பதின அடிப்படையில் ஆன மடக்கைகள், மற்றும் படிகள் (squares), மூலங்கள் (roots) முதலியவற்றை விரைவாகச் செய்யவும் இயலவில்லை; மேலும் மிகமுக்கியமாக, கணிப்பான்

(computer), கணக்கி (calculator) முதலான மின்னியப் பொறிகளுக்குச் செய்தியூட்ட (information feeder)ஏந்தாகவும் இல்லை. இந்தத் திட்டத்துக்கு மாற்றாகப் பதினமுறைத் திட்டம் ஒன்றைக் கையாளும் கம்மியர் (engineer) தனது கணக்கீட்டு நேரத்தில் 80% மிச்சப்படுத்த இயலும் எனப் புள்ளிவிளத்தங்கள் தெளிவுறுத்துகின்றன.

இருந்தும் ஒத்துவராத இந்தத்திட்டம், ஆங்கில ஆட்சியால் உலகின் முக்கியமான நாடுகளில் எல்லாம் மேற்கொள்ளப் பட்டது. ஆங்கிலேயர் தமது திட்டத்தைக் கைவிட்டுவிட்ட போதிலும் அமெரிக்காவாலும், கனடாவாலும் இத்திட்டத்தைத் துறக்க இயலவில்லை. தொழிற்சாலைகளிலும் கருவித்துறைகளிலும் அந்த அளவுக்குப் பின்னிப் பிணைந்துவிட்டது, இந்தத் திட்டம். ஆட்சிப் பொறுப்பால் உதவாக்கரையை கூட உயர்ந்த இடத்தில் இருத்தி விடலாம் போலும்! எனினும் இத்திட்டத்தின் முன்னோடியரான பழமைப் பற்று மிக்க ஆங்கில நாட்டினரே 1970-75-ல் பதினமுறையின் செழுமை மிகுந்த அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்துக்கு (SI) வந்துவிட்டனர்.

அறிவியல் அளவீட்டில்—ஏன் ஏனைய எல்லா அளவீட்டிலுமே கைவிடப்பட வேண்டிய ஒரு திட்டம், இது. இத்திட்டத்தின் குறைகளே மெட்ரிக் முறையின் நிறைவுகளை உணர்த்தும்.

இவை தவிர மீட்டர் கிராம் நொடி அலகுத்திட்டம் போன்ற சில திட்டங்களும் எடுத்துரைக்கப் பட்டிருந்தன.

5.2. விசையலகுத் திட்டங்கள்

கம்மிய இயலின் விசையளவீடுகளில், விசையை அடிப்படையாகக் கொள்வது பல கணக்கீடுகளை எளிமைப் படுத்தும். அந்தந்த அலகுகளுக்கான பரிமான வாய்பாட்டை, விசையலகுத் திட்டத்திலும் பிற அலகுத் திட்டங்களிலும் எழுதிப் பார்த்தால் இதன் எளிமையும் சிறப்பும் புலப்படும்.

விசையின் அலகை அடிப்படையாகக் கொண்ட திட்டங்களில் மிகுந்த வழக்கில் இருந்தவை மூன்று:

1. மீட்டர்-கிலோகிராம் விசை-நொடி (m(kgf)s) அலகுத் திட்டம்,

2. சென்டிமீட்டர்-கிராம் விசை-நொடி (c(gf)s) அலகுத் திட்டம்.

3. அடி-பவுண்டுவிசை-நொடி (f(pf)s) அலகுத் திட்டம்.

இவற்றுள் 1ஆம் 3-ஆம் கம்மிய, தொழில்நுட்ப (technology) இயல்களிலும், இரண்டாவது அறிவியல் அளவீட்டிலும் பயன் பட்டுவந்தன.

5.2.1. மீட்டர்-கிலோகிராம்விசை-நொடி (m(kgf)s) அலகுத் திட்டம்

'மெட்ரிக்' முறையின் வழிவந்த இந்த விசையலகுத் திட்டத்தில் நிறைக்கான வருவித்த அலகு 'டம்'.

கணிசம்	m(kgf)s திட்ட அலகு	SI மதிப்பு
நீளம்	மீட்டர்	= 1 மீட்டர்
காலம்	நொடி	= 1 நொடி
விசை	கிலோகிராம் விசை	= 9.806 65 நியூட்டன்
நிறை(வருவித்தது) டம் (tum)		= 9.806 65 kg

கிலோகிராம் விசை : ஒரு கிலோகிராம் நிறையைப் பூமி எவ்வளவு விசையுடன் ஈர்க்குமோ, அந்த விசை ஒரு கிலோகிராம் விசை எனப்படும். பூமியின் ஈர்ப்பு முடுக்கம்(g) நொடியில் நொடிக்கு 9.78 மீட்டரில் இருந்து 9.83 மீட்டர்வரை வேறு படுவதால், இந்த விசையலகின் வழியில் அளக்கும் நிறையும் இடத்துக்கு இடம் மாறுபடக் கூடுமல்லவா! எனவே அளவீட்டு ஆயம் (ICPM) 1901-ல் ஒப்புக் கொண்டதைக் கருதி g-இன் மதிப்பை 9.806 65 ms^{-2} எனக் கொள்ள வேண்டும். அஃதாவது மூலமுன்மாதிரிக் கிலோகிராம் பாதுகாக்கப் பெற்றிருக்கும் சேவ்ரே(sevres)என்ற இடத்திலான ஈர்ப்பு முடுக்கம் 9.806 65ms^{-2}.

இந்த விசையலகுத் திட்டத்தின் வருவித்த நிறையலகு டம் (*tum*-technical unit of mass), TME, சடம், 'மெட்ரிக் ஸ்லஃ' — முதலான பல்வேறு பெயர்களால் அழைக்கப்படுகிறது என அறிவோம் (காண்க 2.2.12).

5.2.2. சென்டிமீட்டர்—கிராம்விசை—நொடி (c(gf)s) அலகுத் திட்டம்

cgs—அலகுத் திட்டத்தின் வழியில் சென்டிமீட்டர், கிராம் விசை, நொடி என்ற அடிப்படையலகுகளைக் கொண்ட ஓர் ஈர்ப்பலகுத் திட்டம் வழங்கி வருகிறது.

கணிசம்	c(gf)s திட்டம்	cgs மதிப்பு	SI மதிப்பு
நீளம்	சென்டிமீட்டர்	=1 சென்டிமீட்டர்	$=10^{-2}$ மீட்டர்
காலம்	நொடி	=1 நொடி	= 1 நொடி
விசை	கிராம்விசை	=980.665 டைன்	=9·806 65 × mN
நிறை (வருவித்தது)	மில்லீடம்*	=980.665 கிராம்	=0.980 665 kg

5.2.3. அடி பவுண்டுவிசை-நொடி (f(pf)s) அலகுத் திட்டம்

பிரித்தானிய அடி—பவுண்டு—நொடி அலகுத் திட்டத்தின் அடிப்படையில் ஆன விசையலகுத் திட்டம். இதில் நிறைக்குப் பதிலான எடையின் அலகு பவுண்டு விசை.

கணிசம்	f(pf)s திட்ட அலகு	fps மதிப்பு	SI மதிப்பு
நீளம்	அடி	= 1 அடி	=0.304 8m
காலம்	நொடி	= 1 நொடி	= 1 நொடி
விசை	பவுண்டு விசை	= 32.17 பவுண்டல்	=4.448N
நிறை (வருவித்தது)	ஸ்லஃ slug	= 32.1740 பவுண்டு	=14.59kg

தொழில் நுட்பம் மற்றும் கம்மிய இயல்களில் விரிவாகப் பயன்படுத்தப்பட்ட அலகுத்திட்டம், இது. fps திட்டத்தின் குறைபாடுகள் அனைத்தும் இதற்கும் பொருந்தும்.

முன்னர்க் குறிப்பிட்ட சார்பிலா அலகுத்திட்டங்களும் இந்த விசையலகுத் திட்டங்களும் மூன்றலகுத் திட்டங்கள் ஆகும். மின்சாரம் முதலான வெவ்வேறு இயல்களையும் அந்தந்த இயலுக்குரிய சிறப்பலகு ஆக ஒன்றை இவற்றுடன் சேர்த்துக் கொள்ள வேண்டும் என்ற கருத்து வலியுறுத்தப்பட்டு வந்தது. அதன்படி, மின்சார இயலுக்கான நான்கலகுத் திட்டங்கள் நடைமுறைக்கு வந்தன.

5.3. மேலும் சில அலகுத்திட்டங்கள்

ஏழு அலகில் இருந்து அலகு என்று எதுவும் இல்லாத வரையிலான சில அலகுத் திட்டங்களைக் காணலாம்.

* மில்லீடம் (millitum): இந்நூலாசிரியரால் தற்காலிகமாகப் புனையுப் பெற்றச்சொல்

5.3.1. நான்கலகுத் திட்டங்கள்

மின்சார இயலில் எதிர்ப்பட்ட அளவீட்டுச் சிக்கலால் பிறந்தது நான்கலகுத் திட்டம். இதன் வகைகள் மிகுதி.

சென்டிமீட்டர், கிராம், நொடி—இவற்றுடன் ϵ_o, μ_o என்ற மாறிலிகளைத் தனித்தனியாகக் கொண்ட

cgs ϵ_o அலகுத் திட்டம்
cgs μ_o அலகுத் திட்டம்

வழக்கத்துக்கு வந்தன. இந்தத் திட்டங்களின் கருத்தடிப்படை ϵ_o,μ_o என இருப்பினும், இவற்றின் நான்காவது அலகாக மின்னூட்ட அலகையும் (பிராங்க்ளின்-Fr), மின்னோட்ட அலகையும் (பயாட்-Bi) கொண்ட திட்டங்கள் எளிமையாக விளங்குமெனக் கருதினர். இதனால்

cgs—Fr அலகுத் திட்டம்
cgs—Bi அலகுத் திட்டம்

உருவாயின. இவை சீராக்கத்துக்கு உட்படாத mksc, mksA அலகுத் திட்டங்களை ஒருவாறு ஒத்தவை. இத்துடன் cgs நடைமுறை அலகுத்திட்டம் 2-ம் சேரும்.

சென்டிமீட்டர், 10 கிராம், நொடி, $\mu_o = 10^{-9}$ போன்ற அலகு மதிப்புகளைக் கொண்ட நான்கலகுத் திட்டங்களுடன் மை (Mie) திட்டம், (Blondel) திட்டம் மேஃசுவேல் திட்டம் முதலானவையும் பரிந்துரைக்கப் பட்டிருந்தன.

மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி—இவற்றை அடிப்படையலகுகளாகக் கொள்வதால் பெறும் நடைமுறைப் பயனை அறிந்த பின், மின்சார இயலின் சிறப்பலகாக மின் தடைக்குரிய ஓம்-ஐக் கொண்ட

mks≏ அல்லது mksO அலகுத்திட்டம் மின்னூட்ட அலகான கூலும்-ஐக் கொண்ட

mksC அலகுத்திட்டம்

மின்னோட்ட அலகான ஆம்பியரைக் கைகொண்ட

mksA அலகுத் திட்டம்

ஓம்-ஐயும், ஆம்பியரையும் கைக் கொண்ட

OAsm அலகுத் திட்டம்

முதலானவை வழக்கத்துக்கு வந்தன.

மின்சார இயலின் அலகுத்திட்டத்தை எவிசைடு சீராக்கத்துக்கு உட்படுத்தியதால், அதன் வழியில் இந்த அலகுத்திட்டங்கள் ஒவ்வொன்றும் சீராக்கத்துக்கு உட்பட்டவை; சீராக்கத்துக்கு உட்படாதவை என இரண்டு பெரும் பிரிவுகளாக விரியும்.

இவற்றைத் தவிர்த்து உட்புகுதிறம் எனப்படும் புக்கியன்மை (permeability) இசைவியன்மை (permitivity), இவற்றின் வெற்றிட மதிப்பை வெவ்வேறாகக் கொண்டும், மின்னோட்ட மதிப்பை மாறுபடுத்தியும், ஈர்ப்புமாறிலி (gravitational constant)யின் மதிப்பைக் கொண்டு வெவ்வேறு அலகுத்திட்டங்களும் பரிந்துரைக்கப் பெற்றுள்ளன.

5.3.2. ஏழலகுத்திட்டம்

விசையியலின் மூன்று அடிப்படையலகுகளுடன் வெப்ப இயலுக்குக் கெல்வின்; மின்சார இயலுக்கு ஆம்பியர்; ஒளி மற்றும் கதிர்ப்ப இயலுக்குக் காந்திலா (கேண்டீலா); அணு மற்றும் இயைபியலுக்கு மோல் ஆகியவற்றையும் அடிப்படையாகக் கொண்ட ஏழலகுத் திட்டமே இன்று நடைமுறைக்கு வந்து கொண்டிருக்கும் அனைத்து நாட்டு அலகுத்திட்டம்; இதுவே இனி அளவீட்டு உலகை ஆளப்போகும் அலகுத்திட்டம். இது 6ஆம் அதிகாரத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

5.3.3. அணு அலகுத் திட்டம் (Atomic System)

அணுவைப் பற்றிய கணக்கீடுகளை எளிமைப்படுத்த 1927-ல் D. R. ஹார்ட்ரீ (D. R. Hartree 1897-1958) என்பார் ஓர் அலகுத் திட்டத்தை உருவாக்கினார். இந்த அலகுத் திட்டத்தின் சில மதிப்புகளாவன :

கணிசம்	விளக்கம்	SI மதிப்பு
நீளம் a	நீரக அணுவின் முதல் போஃர் சுற்றுப்பாதை நீளம்	$= 53 \times 10^{-12}$m
நிறை m	மின்னியின் (electron) அமைதி நிலை நிறை	$= 900 \times 10^{-33}$kg
காலவிடை t	கோண அதிர்வின் (4πRC) தலைகீழ் மதிப்பு	$= 24 \times 10^{-18}$s
மின்னூட்டம் e	மின்னியின் ஊட்டம்	$= 160 \times 10^{-21}$C

இந்த அணு அலகுத் திட்டத்தில் செயற்பாட்டின் அலகு (unit of action) $h/2\pi$ எனவும் (இதில் h-பிளாங்க் மாறிலி), ஆற்றலின் அலகு $(e^2/a^2)=2$ Rhc எனவும் கொள்ளப்பட்டுள்ளன;

1959-ல் H. ஷல் (H. Shull), (G.G. ஹால் (G.G. Hall) என்ற இருவர் ஆற்றலின் அலகு $(e^2/a^2) = 4\pi^2 me'/h^2$ என ஆகும் என்று காட்டி அதன் வழியில் வந்த ஆற்றலின் அலகுக்கு ஹார்ட்ரீ (hartree) என்று பெயரிட்டு இந்த அலகுத் திட்டத்தின் காரணவானைச் சிறப்புறுத்தினர்.

1 ஹார்ட்ரீ $= 110.5 \times 10^{-21}$ செளல்

5.3.4. ஒற்றையலகு அளவுத்திட்டம்

அடிப்படைக் கணிசங்களின் எண்ணிக்கைக்கும், பொது மாறிலிகளின் (universal constants) எண்ணிக்கைக்கும் ஒற்றை மதிப்புத் தொடர்பு உள்ளது. அடிப்படைக் கணிசங்களின் எண்ணிக்கை மிகமிக இத்தகைய மாறிலிகளின் எண்ணிக்கை மிகுந்து கொண்டேயிருக்கும். பரிமான மாறிலிகள் உட்பட n வேறிகளை (paraments) m அடிப்படை அலகுகளால் அளந்தால் n-m பரிமானமில் அளவுகள் கிடைக்கும். அஃதாவது 20 வேறிகளை 7 அடிப்படை அலகுகளால் அளந்தால் கிடைக்கும் பரிமானமில் அளவுகள் 20—7—13; எனவே பரிமான மாறிலிகள் 7க்கு மிகாது. இங்ஙனமே 3 அடிப்படையலகுகளால் அளந்தால் பரிமான மாறிலிகள் 3க்கு மிகாது. ஒரே ஒரு அடிப்படையலகை மட்டும் கொண்டு அளந்தால் பரிமானமாறிலி ஒன்றுக்கு மேல் வராது. எனவே ஒரேயொரு அடிப்படையலகு உள்ள திட்டத்தை மேற்கொண்டால் வெவ்வேறான மாறிலிகள் கணக்கற்றுப் பெருகி வருவதைத் தவிர்க்கலாம் என்று தோன்றுகிறது அல்லவா! இதற்கான ஒரு வழிமுறையைக் கருதலாம்.

இவ்வாறு கருதும்போது நமது மனத்தில் ஊறிப்போன சில அளவீடுகளையும், பரிமானங்களையும், மதிப்புகளையும் முழுக்க மறந்துவிட்டுப் புதிதாகப் படிப்பதுபோல் இதில்வரும் எந்தப் புதிரையும் நோக்குவது இன்றியமையாதது.

நீளத்தை நொடியில் அளத்தல்

நீளத்தின் அலகை கரப்பன்-86 (Krypton-86) அணுவின் ஆற்றல் மாற்றத்தை யொட்டி வரையறுத்தோம். காலத்தின் அலகான நொடியை கரப்பன்-86 கதிர்ப்பு நிகழ்த்தும் 4.948 8659×10^{14} அலைவுகளுக்கான காலம் எனவும் வரையறுக்கலாம். நீள அலகின் படித்தரமும், நேர அலகின் படித்தரமும் அதே கரப்பன் அணுவில் நிகழும்விளைவால் அளக்கப்படுகிறது.

$$\frac{\text{நொடியில் ஏற்படும் அலைவுகளின் எண்ணிக்கை}}{\text{வெற்றிடத்தில் மீட்டரில் உள்ள அலைநீளம்}} = c$$

இதில் C வெற்றிடத்தில் ஒளியின் கதி அல்லது திசைவேகம் (நொடிக்கு மீட்டரில்)

இவ்வழியில் நீளத்தின் அலகு (அன்றி நேரத்தின் அலகு) வரையறுக்கப்பட்டு விட்டால், அடுத்தது சார்பலகாக ஆகிவிடும். இப்படிக் கொண்டு வரலாம் என்பதைப் புலப்படுத்துவதற்காகத் தான் இந்த மேற்கோள். அவ்வாறின்றி ஒளியின் கதி

$$C = L\,T^{-1} \text{ அல்லது } L = CT \text{ அல்லது } T = \frac{1}{C} \times L$$

நீளத்தின் அலகு மட்டும் வரையறுக்கப்பட்டு விட்டால், வெற்றிடத்தில் ஓர் ஒளிக்கற்றை C நீள அலகு செல்வதற்கான நேரம் என நேரத்தை வரையறுத்து விடலாம். அவ்வாறே நேரத்தின் அலகு மட்டும் வரையறுக்கப்பட்டிருந்தால் இதன் மறுதலையைக் கைக்கொள்ளலாம்.

இதில் cயை வெறும் எண்ணாகக் கருதி L=eT என்பதை விரிவாக

$$\{L\} \langle L \rangle = e\{T\} \langle T \rangle$$

$\{L\}$ -மதிப்பு $\{T\}$ மதிப்பு இவற்றின் அளவீடு என்றாய் ஆகிவிட்டதாலும், e-மாறிலியாதலாலும்

$$\langle L \rangle = \langle T \rangle$$

எனவே L-மும், T-மும் ஒரே அலகால் அளக்கப்பெறும்.

நிறையை நொடியில் அளக்கலாமே!

நீளத்தையும் காலயிடையையும் ஒரே அடிப்படை அலகால் அளக்கயியலும் என்பது புலப்பட்டு விட்டது. இனி, நிறையைக் கருதுவோம்.

ஒன்றையொன்று கவரும் இரு நிறைகளில் (M, M_1 ,) ஒன்று (M) நிலையாய் இருக்கட்டும். இவற்றுக்கு இடையிலான கவர்ச்சி விசை

$$F = M_1 a = G \frac{M M_1}{L^2}$$

$$\text{எனவே } a = G \frac{M}{L^2}$$

இவற்றில் L இரு நிறைகளுக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு; G-ஈர்ப்பு மாறிலி. இதிலிருந்து

$$M = \frac{1}{G} \times a\, L^2 \qquad (\text{ஆனால் } [a] = LT^{-2})$$

ஈர்ப்பு மாறிலி G-பரிமானமில்லாத வெறும் மாறிலி எனக் கொள்வோம். எனவே

$$[M] = LT^{-2}\, L^2 = L^3T^{-2}$$

எனவே இதற்காக அலகுச் சமன்பாடு

$$\langle M\rangle = \langle L\rangle^3 \langle T\rangle^{-2}$$

இதில் $\langle L\rangle = \langle T\rangle$ என முன்னரே வருவித்துள்ளோம் எனவே.

$$\langle M\rangle = \langle L\rangle^3 \langle L\rangle^{-2} = \langle L\rangle$$

அல்லது $\langle M\rangle = \langle L\rangle = \langle T\rangle$

நீளம், நிறை, நேரம் மூன்றையும் ஒரே அலகால் அளக்க இயலுவதைப் போலவே எல்லா அடிப்படைக் கணிசங்களுக்கும் மூல அளவாக ஒரேயொரு அலகை மேற்கொள்ளலாம்.

மலைதேய்ந்து அணுவாகி............

மேற்குறித்த நிகழ்முறைகளில் ஈர்ப்பு மாறிலி (gravitational constant)யை ஒன்று என ஆக்கி இரண்டு அலகுகளை ஒன்றாக ஆக்கினோம். இதற்கு, சடமை மாறிலி (Inertial constant)யும் ஒன்று ஆக இருக்கும். இவ்வாறே போல்ட்சுமான் மாறிலி (Boltzmann constant)யை ஒன்று ஆக ஆக்கி வெப்ப நிலையையும் வருவித்த அலகாக ஆக்கலாம். SI நெறி முறைப்படி அமைத்த திட்டத்தில் மின்சார மாறிலி ϵ_0-யையும், காந்த மாறிலி μ_0-யையும் ஒன்று ஆக ஆக்குவதாலும் cgs முறையில் ஒளியின் கதியை ஒன்று ஆக ஆக்குவதாலும், இவற்றுக்கான தனி அடிப்படையலகை நீக்கி விடலாம். (SI ஆம்பியரின் கருத்தடிப்படை μ_0 என்பதை நினைவு கூர்க). இதன் பின்னர் எஞ்சுவன ஒளிச் செறிவுக்கான அலகும், (நீளம் அல்லது) நேரத்துக்கான அலகும் ஆக இரண்டே. ஒளிச்செறிவும் இயல்புக் கணிசங்களுக்கு நேரடியான தொடர்புடையதல்ல எனக்கொண்டு நீக்கிவிடலாம்.

இவ்வாறு செய்து தக்க கணக்கீடுகளை மேற்கொண்டால் ஏறத்தாழ எல்லா மாறிலிகளும் ஒன்று மதிப்பு உடையதாகவோ அன்றி பரிமானமில் மாறிலிகளாகவோ ஆகிவிடும்.

இயற்கை முறை!

இதன் பின்னும் பிளாங்க் மாறிலி (h)யும், மின்னியின் ஊட்டமும் (e) மிஞ்சியிருக்கும். இவற்றையும் நீள ஒற்றை யலகு அளவுத் திட்டத்தில்

$$[h] = L^2$$
$$[e] = L$$

என்று ஆக்கலாம்.

இவ்வாறு பெரும்பாலான பொது மாறிலிகளை ஒன்றுக்குச் சமப்படுத்தும் அளவீட்டுத் திட்டங்கள் **இயற்கை மரபு அளவீட்டு முறைகள்** என வழங்கப் பெறும்.

பிளாங்க் பரிந்துரைத்த திட்டத்தில் $h = 1$. இதன்படி, இத்திட்டத்தில் நீள அளவு நமது தற்போதைய SI மதிப்பில் 4.02×10^{-35} மீட்டர்; நிறையின் அளவு SI மதிப்பில் 5.43×10^{-8} கிலோகிராம் நேரத்தின் அளவு SI மதிப்பில் 1.34×10^{-43} நொடி.

ஹார்ட்ரீயின் இயற்கை மரபுத் திட்டப்படி5.3.3ஐக் (காண்க) மின்னியின் நிறை = 1; மின்னூட்டம் = 1; முதல் போஃர் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம் = 1 $(h/2\pi) = 1$. ஹார்ட்ரீ பரிந்துரைத்த ஆற்றலின் அலகு SI மதிப்பில் 4.359×10^{-18} செளல்.

இயற்கை முறையிலும் 1 அல்லாத மாறிலி

பொது மாறிலிகளுக்கு இடையே தனித்த தொடர்புகள் உள்ளமையால், எல்லாப் பொது மாறிலிகளின் மதிப்பையும் ஒன்று ஆக ஆக்க இயலுவதில்லை. காட்டாக, மின்னியின் ஊட்டம், பிளாங்க் மாறிலி, ஒளியின் கதி—மூன்றும் ஒரு பரிமானமில் கூட்டாக அமையுங்கால், நுண்ணமைப்பு மாறிலி (Fine structure constant)

$$\alpha = \frac{e^2}{hc} = \frac{1}{137} \text{ அல்லது } e = \sqrt{\frac{hc}{137}}$$

பிளாங்க் அளவுத் திட்டத்தில் நுண்ணமைப்பு மாறிலி α-வின் இந்த மதிப்பில் இருந்து கிடைக்கும் (மின்னி எலக்ட்ரான்) ஊட்டத்தைக் கணிக்கலாம்.

$$\alpha = \frac{e^2}{hc} = \frac{1}{137}$$

$e^2 = \propto hc$ அல்லது $e = \sqrt{\neq hc}$

பிளாங்க் அளவுத்திட்டப்படி $e = 1$; $e = 1/2\pi$
எனவே

$$e^2 = \frac{1}{137} \times \frac{1}{2\pi} \times 1 = \frac{1}{2\pi.137}$$

$$\text{அல்லது } e = \sqrt{\frac{1}{2\pi.137}}$$

இங்ஙனமே ஏனைய எல்லா மாறிலிகளையும் தருவிக்கலாம்.

6. அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டம் SI

(Systeme International d' Unites - SI)

'அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்டம் ஒரு சார்பிலா அலகுத்திட்டம். எனவே, இது அறிவியலுக்கும் கம்மிய இயலுக்கும் இடையிலான இடைவெளியைத் தொழில் நுணுக்க இயலால் பிணைக்கிறது.'

— **பேரா. M.J. லைட் ஹில்** (Prof. M.J. Lighthill)
பிரித்தானிய மெட்ரிக் ஆக்கக் கருத்ததிகாரி.

முன்னுரை

பிரான்சு நாட்டில் ஊருக்கு ஒன்றாக மாறுபட்டு இருந்த நீட்டலளவை-யையும் நிறுத்தலளவை-யையும் ஒழுங்குபடுத்த முற்பட்ட பிரெஞ்சு ஆட்சியாளர்களும் அறிஞர்களும், அத்தகைய ஒழுங்குபட்ட அளவை முறை உலகம் முழுவதும் மேற்கொள்ளத் தக்கதாகவும் விளங்க வேண்டும் என்ற கருத்தைக் கொண்டிருந் தனர். எனவேதான் அளவீடுகளுக்கான படித்தரங்கள் (standards), *இயற்கையோடு இயைந்தனவாகவும், உலகில் எங்கும் உருவாக்கிக் கொள்ளத் தக்கனவாகவும் இருக்கவேண்டும் என்று முயன்றனர்.*

*அத்தகைய படித்தரங்களால் வரையறுக்கப்பட்ட அலகு களும் அவற்றால் ஆன அலகுத்திட்டங்களும். பலவகையாய் அமைந்தன. நீளப்படித்தரத்தில் 100-ல் 1-***சென்டிமீட்டர்***; நிறையின் படித்தரத்தில் 1000-ல் 1-***கிராம்***; காலத்தின் படித் தரம்-***நொடி*** ஆகிய மூன்றையும் அடிப்படையாகக் கொண்ட அலகுத் திட்டத்தை அறிவியலில் பயன்படுத்தலாம் என* **அறிவியல் மேம்பாட்டுக்கான பிரித்தானியக்கழகம்** (British Association for the Advancement of Sciences) *1873 இல் பரிந் துரைத்தது என அறிந்தோம்.*

அறிவியல் படிப்புத்துறைகளில் இத்தகைய சிறிய அலகுகள் பொருந்தி இருந்தன. எனினும் வணிகம், கம்மியம் (engineering) போன்றவற்றில் இந்த அலகுகள் நடைமுறைக்கு உதவாத அளவில் சிறியனவாய் இருந்தன. எனவே, ரோம் பல்கலைக் கழகத்தில் மின்சாரக் கம்மிய இயல் (electrical engineering) பேராசிரியராக விளங்கிய சியார்சி (Giorgi) 1901-இல்,

> 'மீட்டர் ,கிலோகிராம், நொடி என்பவற்றை அடிப்படை அலகுகளாகக் கொண்டால், விசையியல் அளவீடுகள் அனைத்தும் நடைமுறை அலகுகளால் விளங்கும். அம்மட்டுமன்றி, மின்காந்த நடைமுறை அலகுகள் ஆன ஓம், வோல்ட், ஆம்பியர் இவற்றுள் ஏதாவது ஒன்றை இந்த மூன்று அலகுகளுடன் இணைத்துக் கொண்டால் அந்த அலகுத் திட்டம் அனைத்துக்கும் பொதுவான நடைமுறை அலகுத் திட்டமாகத் திகழும்' எனத் தெளிவாய் அறிவித்திருந்தார்.

இதன்படி 1948-இல் கூடிய அளவீட்டுப் பொது மாநாடு, மின்சார இயலின் அடிப்படை அலகாக ஆம்பியர்-ஐ மேற்கொண்டது ; இதன்வழி, இந்த நான்கு படித்தர அலகுகளை அடிப்படை அலகுகளாக கைக்கொண்ட மீட்டர்-கிலோகிராம் நொடி-ஆம்பியர் mksA அலகுதிட்டம் மலர்ந்தது. இதனால் விசையியல் அளவீடுகளும், மின்சார இயல் அளவீடுகளும் வேறுபடாமல் ஒருங்கிணைந்தன.

1954 இல் கூடிய 10-ஆம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு (CGPM), mksA அலகுகளோடு வெப்பநிலை அலகாக (பாகைக்) கெல்வின்-ஐயும், ஒளிர்வச்செறிவின் அலகாகக் காந்திலா அல்லது கேண்டீலா (Candela) வையும் ஏற்றுக்கொண்டது. இவை ஏற்கனவே, அனைத்து நாட்டுப் படித்தர நிறுவனத்தால் (ISO) 1956-இலும், அனைத்துநாட்டு மின்னுணுக்கக் குழுவால் (IEC) 1959-இலும் ஏற்றுக் கொள்ளப் பெற்றன.

6. 1. SI அலகுத் தொகுதிகள்

1960 இல் கூடிய 11-ஆம் அளவீட்டுப் பொது மாநாடு மேலே கூறிய ஆறு கணிசங்களுக்கான அலகுத் தொகுதியை அனைத்து நாட்டு அலகுத்திட்டம் என அறிவித்தது. பிரெஞ்சு மொழியில் Systeme Internationale d' Unites என்பதன் சுருக்கமாக SI என எல்லா மொழிகளிலும் வழங்கப் பெற்று வருகிறது.*

*SI இதன் ஒலிப்பு, இந்திமொழியில் एस. आई. என்ற வரியனால் குறிக்கப் படுகிறது. எனினும் நாம் இலத்தீன் (அஃதாவது ஆங்கில) எழுத்துக் குறியீடான SI என்பதனையே தற்போதைக்குத் தமிழ் நூல்களிலும் மேற்கொள்ளலாம் என்பது இந்நூலாசிரியரின் கருத்து.

இந்தப் பொதுக்குழு, இத்துடன் கோண அளவீட்டுக்காக இரண்டு துணை அலகுகளையும் (supplementary units), தனித்துப் பெயரிடப்பெற்ற சில வருவித்த அலகுகளையும் மேற்கொண்டது.

SI-இல் நான்கு வகையான அலகுத் தொகுதிகள் உள்ளன.

1. அடிப்படை அலகுகள் base units—7
2. துணை அலகுகள் supplementary units—2
3. வருவித்த அலகுகள் derived units—சில
4. பின்வரு அலகுகள் secondary units—பல

6.1.1. அடிப்படை அலகுகள் (base units)

மேலே குறித்த ஆறு அடிப்படை அலகுகளுடன் மூலக்கூற்று இயலுக்காகப் பண்டளவு (அல்லது பொருளளவு) என்ற கணிசத்தையும் அதன் அலகாக மோல்-ஐயும் சேர்த்து 7 அலகுகளை SI-இல் அடிப்படை அலகுகளாகக் கொள்கிறோம். இந்த 7 அலகுகளின் உதவியால் எந்த இயலையும் மிக எளிதாக அளக்கலாம்.

6.1.1. அடிப்படை அலகுகள்

	கணிசம்	SI அலகுப்பெயர்	குறியீடு	தமிழ்க்குறியீடு
1.	நீளம்	மீட்டர்	m	மீ
2.	நிறை	கிலோகிராம்	kg	கிகி
3.	காலவிடை	நொடி	s	நொ
4.	மின்னோட்டம்	ஆம்பியர்	A	ஆ
5.	வெப்பநிலை	கெல்வின்	K	கெ
6.	ஒளிர்வச்செறிவு	காந்திலா	cd	கா
7.	பண்டளவு	மோல்	mol	மோ

6.1.2. துணை அலகுகள் (supplementary units)

தளக்கோணத்துக்கான ரேடியன் என்ற ஆரியன் (radian), திண்மக்கோணத்துக்கான ஸ்டெரேடியன் என்ற திணாரயன். (steradian) என்ற இரண்டு கோண அலகுகளும் துணை அலகுகள் ஆகும். இவற்றின் விளக்கத்தை 8.2.4 - ல் காண்க.

இவற்றுடன், ரேடியோ நியூக்ளைடு செயலூக்க (activity of radio nuclide) அலகான கியூரி (curie-Ci) யையும் துணை அலகாகக் கொள்ள வேண்டும் என்ற பரிந்துரை இருந்து வருகிறது.

6.1.3. வருவித்த அலகுகள் (derived units)

அடிப்படை அலகுகள் பெருக்கப்படுவதாலோ அன்றி வகுக்கப்படுவதாலோ அன்றி பெருக்கி வகுக்கப் படுவதாலோ பல்லாயிரம் அலகுகள் உருவாகும். அவற்றுள் மீண்டும் மீண்டும் அளவீடுகளில் பயன்படுத்தப்பட்டு வரும் சில அலகுக்கூட்டை எளிமைக்காகவும், ஏந்துக்காகவும் தனி அலகு ஆகக் கொள்வது பயன் விளைக்கும். இது 4.2.8-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. அவ்வாறு தனிப்பெயர் பெற்ற SI வருவித்தஅலகுகள் ஆவன.

அதிர்வம் - எர்ட்சு Hz
விசை - நியூட்டன் N
வேலை, ஆற்றல், வெப்ப அளவு } சௌல் J
திறன் - வாட் W
அழுத்தம் - பாசுகல் Pa
நடைமுறை வெப்பநிலை } - பாகை செல்சியசு °C

மின்னூட்டம்	— கூலும் C
மின்னழுத்தம்	— வோல்ட் V
மின்கொண்மம்	— பேரட் F
மின்தடை	— ஓம் Ω
காந்தப் பாயம்	— வீபர் Wb
காந்தப் பாய அடர்த்தி	— டெசுலா T
மின் தூண்டம்	— என்ரி H
ஒளிர்வப்பாயம்	— லூமென் lm
ஒளிவிளக்கம்	— லக்சு lx

இவற்றின் விளக்க அட்டவணை 14. 3. 3.-ல் காண்க.

6.1.4. பின்வரு அலகுகள் (secondary units)

ஒவ்வோர் அடிப்படை அலகுடனும், வருவித்த அலகுடனும் $10^{\pm 3n}$ என்ற பத்தின் முப்படி எண்ணுக்கான SI முன்னொட்டை இணைத்து வழங்கப்படும் அலகுகள் யாவும் பின்வரு அலகுகளே.

(எ-டு) மில்லி மீட்டர் மைக்ரோ நொடி
பிக்கோ பேரட் கிலோ வாட்

கல்விக்கூட ஆய்வகங்களிலும், மருந்துத் துறையிலும் நிறையின் மதிப்பாகப் படித்தரக் கிலோகிராமையோ அன்றி நீளத்தின் அலகாகப் படித்தர மீட்டரையோ கைக்கொள்வது பெரிய

தாகவும், அங்ஙனமே இவை பேரளவீட்டில் சிறியதாகவும் விளங்கிய சிக்கல் இதனால் நீக்கப்பட்டது.

இந்தப் பின்வரு அலகுகளைத் திட்டமில் அலகுகள் (non-system units) ஆகச் சிலர் கருதுவர். அக்கருத்து பொருத்த மற்றது. சென்டி, டெசி, டெகா, ஹெக்டா போன்ற பத்தின் முப்படி ($10^{\pm 3n}$) நெறியில் பிறழ்ந்து வருவனவற்றை மட்டும் திட்டமில் அலகுகளாகக் கருதவேண்டும்.

அனைத்து நாட்டு அளவீட்டு ஆயம் (CIPM) அனைத்து நாட்டு அலகுத்திட்டத்தின் அடிப்படையலகுகள், துணையலகு கள், வருவித்த அலகுகள் ஆகிய ஓரியன்மை அலகுகளுடன் SI பதினமடங்கு அலகுகளும் (அஃதாவது இந்த பின்வரு அலகுகள்) SI அலகுகளாகக் கருதப்பட வேண்டும் என 1961-ல் பரிந்துரைத்துள்ளது.

இதற்காகவே, படித்தரங்களின் பதின அளவுப்பெருக்கங் களையோ அன்றித் தலை கீழ்ப்பெருக்கங்களையோ (multiples and submultiples அலகுடன் இணைக்க வகைசெய்யும் முன் னொட்டுகளை (prefixes) பத்தாம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு பரிந்துரைத்தது. பன்னிரண்டாம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு 10^{-15}, 10^{-18}-2க்கான பெம்டோ (femto), அட்டோ (atto) என்ற 'கேண்டி நேவிய முன்னொட்டு' களை மேலும் சேர்த்தது.

6.1.5. திட்டமில் அலகுகள் (non system units)

முன்னர்க் குறித்த அனைத்து நாட்டுத் திட்ட அடிப்படை, துணை, வருவித்த, பின்வரு அலகுகள் தவிர்த்த ஏனைய எல்லா அலகுகளும் திட்டமில் அலகுகளே.

இந்தத் திட்டமில் அலகுகளை மூன்று வகையாகப் பாகுப் படுத்தலாம் :

(1) முதல்வகை: டெசி, சென்டி, டெகா, ஹெக்டோ முதலிய முன்னொட்டுகளைக் கொண்ட SI அலகுகள்

(எ - டு) சென்டிகிராம், டெசிமீட்டர் போன்றவை

அஃதாவது அனைத்து நாட்டு அடிப்படை அலகுகளுடனும். வருவித்த அலகுகளுடனும் $10^{\pm 3n}$ நெறிமுறைக்கு உட்படாத டெசி, சென்டி, டெகா, ஹெக்டோ ஆகிய பத்தின் மடங்கு முன் னொட்டுகளைக் கொண்ட அலகுகள் முதல்வகைத் திட்டமில் அலகுகள் அடங்கும்.

(2) இரண்டாம் வகை: பதின நெறிமுறையை மேற்கொள்ள இயலாத SI அடிப்படை அலகின் பெருக்கங்கள்.

(எ-டு.) காலத்தின் அடிப்படை அலகான நொடி SI; ஆனால் நிமையம் (minute), மணி, நாள் போன்றவை SI அலகுகள் அல்ல.

3. மூன்றாம் வகை: நமது திட்ட அலகுகளுடன் தொடர்பற்ற வேறு அலகுகள்.

அங்குலம் (விரற்கடை), அடி, கலோரி மற்றும் 'மில்லி மீட்டர் இதள் அழுத்தம்' படித்தர வளிநிலையழுத்தம் போன்ற அழுத்த அலகுகள், fps திட்ட அலகுகள் முதலானவை யாவும் மூன்றாம் வகைத் திட்டமில் அலகுள் அடங்கும்.

6.2. SI குறியீடுகளை எழுதும் முறை

அனைத்து நாட்டுத் திட்டத்தில் குறியீடுகளை எழுதும் போதும், அச்சிடும்போதும் உலகம் முழுக்கக் கைக்கொள்ளத் தக்கன எனப் பரிந்துரைக்கப் பெறும் சில வழக்கங்கள் ஆவன.

6.2.1. கணிசங்களுக்கான குறியீடுகள் (symbols for physical quantities)

1. கணிசங்களுக்கான குறியீடுகள் இலத்தீன் அல்லது கிரேக்க எழுத்து வரியனில் உள்ள தனி எழுத்தால் குறிக்கப்பெற வேண்டும். அவற்றுடன் விளக்கக் குறிகளாகத் துணையெழுத்து, மேலெழுத்துக் கோடுகள் போன்றவற்றை இணைத்துக் கொள்ளலாம்.

(எ-டு) தனிவெப்பக் கொண்மைக்கான குறியீடு c. அழுத்தம் மாறாத பொழுதுள்ள தனிவெப்பக் கொண்மைக்கான குறியீடு c_p.

2. கணிசங்களின் பரிமானமில் கூட்டுகளைக் குறிக்கும் இரண்டெழுத்துக் குறியீடுகளைத் தவிர்க்க இயலாத பொழுது அவற்றைப் பிறைக் கட்டுகள் இடுவது நல்லது.

3. சுருக்கங்களை (எடுத்துக்காட்டாக partition function-ஐக் குறிக்கும் pf போன்றவற்றை) கோவைக்குள்ளோ, சமன்பாட்டுக்குள்ளோ பயன்படுத்தலாகாது. பாடத் தொடர்பில் வரும்போதும், இவை செங்குத்தான் அச்செழுத்துகளாலேயே upright roman) குறிக்கப்பட வேண்டும்.

4. கணிசங்களுக்கான குறியீடுகள் சரிவெழுத்து-(italic) களால் தான் குறிப்பிடப்பட வேண்டும்.

கணிசங்களை விளக்கும் துணைக்குறி (index or subscript) யும் ஒரு கணிசத்தைக் குறித்தால் அதுவும் சரிவெழுத்தாலேயே எழுதப்படவேண்டும். ஏனைய துணைக்குறிகளுக்குச் செங்குத்து அச்சே பயன்படுத்தப்பட வேண்டும்.

செங்குத்துத் துணைக் குறி		சரிவுத் துணைக் குறி		
C_g	g = gas வளிமம்	C_p	இல்	P
G_n	n = normal இயல்பு	$\Sigma_n \; a_n \Psi_n$	இல்	N
μ_r	r = relative சார்பு	$\Sigma_x \; a_x b_x$	இல்	X
E_k	k = kinetic இயக்க	g_{ik}	இல்	I, K,
X_e	e = electric மின்சார	P_x	இல்	X

5. திசையுளிகள் (vectors) தடித்த சரிவெழுத்துகளால் (bold italic) அச்சிடப்பட வேண்டும்.

(எ-டு) $\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{\alpha}$.

6. டென்சார்கள் (tensors) தெளிவான, எளிய, ஒரே சீரான தடித்த செங்குத்து எழுத்துகளால் (eg bold face sans serif type) குறிக்கப்படவேண்டும்.

(எ-டு) **S, T.**

குறிப்பு: இந்த எழுத்துக்கள் இல்லாதபொழுது, திசையுளிக்கு வெறும் சரிவெழுத்தின் மீது ஓர் அம்புக்குறியும், டென்சாருக்கு எழுத்தின் மீது இரண்டு அம்புக்குறிகளும் இடப்பட்டு இவை குறிக்கப்பட்டு வருகின்றன. எனினும் இந்த அம்புக்குறி முறையைக் கைவிட்டு, மேற்கண்ட சீரிய முறையை மேற்கொள்வதே உகந்தது.

7. ஒரு கணிசமும், அது எடையால் வகுபடும் தனிக் கணிசமும் முறையே இலத்தீன் (அஃதாவது ஆங்கிலப்) பெரிய எழுத்தாலும் குறிக்கப்பட வேண்டும்,

வெப்பக்கொண்மை c | பருமம் v

தனிவெப்பக்கொண்மை $\frac{C}{m} = C$ | தனிப்பருமம் $\frac{v}{m} = v$

6.2.2. அலகுகளுக்கான குறியீடுகள் (symbols for units)

1. அலகுகளை முழுப்பெயராக எழுதலாம். அல்லது அதற்கான குறியீட்டைப் பயன்படுத்தலாம். எக்காரணம் பற்றியும் வேறு எந்தவகையான குறுக்கங்களோ அல்லது குறியீடு களோ பயன்படுத்தப்படக்கூடாது.

(எ-டு) 1. second அல்லது s; நொடி அல்லது s தான் சரி sec. என்பது கூடாது

2. கிராமைக் குறிப்பது g தான்.

gm, gms என்பன தவறானவை. gms என்பது கிராம் மீட்டர் நொடி என்பதைக் குறிக்கும்.

2. ஒருமை அலகுக் குறியீடே பன்மையையும் சுட்டும். பன்மையைச் சுட்டும் ஈறு ('கள்') களை அலகுகளில் வேண்டு மானால் எழுதிக் கொள்ளலாம். ஆனால் குறியீட்டில் பன்மை யைச் சுட்டும் (கள்) ஈறு வரவே கூடாது.*

(எ-டு) நியூட்டன் அல்லது நியூட்டன்(கள்)
—N அல்லது "நி" தான் சரி.
—Ns. Nகள். 'நி'கள்—யாவும் தவறு

பன்மையைச் சுட்டினாலும் அலகுகளுக்கும் 'கள்' ஈற்றை ஊட்டத் தேவையில்லை.

3. சொற்றொடர் நிறைவுறும் இடத்தைத் தவிர வேறு எங்கும் குறியீட்டின் பின் புள்ளி வரவேகூடாது. வருவித்த ஓரலகுக்கு இடையிலும் புள்ளியிடுதலோ அன்றிப் பெருக்கல் குறி (×) இடுதலோ கூடாது.

(எ-டு) நியூட்டன் மீட்டர்
N.m N×m Nm —யாவும் தவறு
Nm தான் சரி
நி.மீ. நி × மீ நிமீ —யாவும் தவறு
நிமீ தான் சரி

*6.2.2. (1) தமிழில் அலகுக்குறியீடுகளுக்கு மட்டுமல்லாது அலகுகளுக் கும் பன்மை ஈற்றை (கள்) பயன்படுத்தக்கூடாது என்பது இந்த நூலாசிரியனின் கருத்து.

4. அலகுகள் அனைத்தும் ஆங்கிலத்தில் சிறிய எழுத்தால் (lower case letters) தான் குறிக்கப்பெறும். இவை அறிவியில் அறிஞர் பெயரில் ஆன அலகாக இருந்தாலும் அப்படித்தான்.

newton metre —தான் சரி
Newton metre —தவறு

5. ஆனால் அறிவியல் அறிஞர்களின் பெயரில் ஆன அலகுக் **குறியீடுகள்** மட்டும் ஆங்கிலப் பெரிய எழுத்தால் (capitals) குறிக்கப்பெறும். ஏனைய எல்லாம் சிறிய எழுத்தால்தான் குறிக்கப்பெறும்.

hertz	Hz	henry—H
lux	lx	joule—J

கெல்வின்—K (°K, degK அல்ல)

பாகை செல்சியசு—°C (வெறும் C அல்ல; C கூலூம்ஐக் குறிக்கும்)

6. இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கு மேற்பட்ட அலகுகளால் வருவித்த அலகை எழுதும்போது, மூல அலகுக் குறியீடுகளுக்கு இடையே இடம்விட்டு எழுதவேண்டும். இந்த இடைவெளி ஓர் எழுத்துக்கான அளவில் தான் இருக்கலாம்.

(எ-டு) Nsm^{-2}; $kg\ sm^{-2}$
mN —மீட்டர் நியூட்டன்
Nm —மில்லி நியூட்டன்

இடம்விட்டு எழுதவேண்டியதின் இன்றியமையாமை மேற் கண்ட எடுத்துக்காட்டால் தெற்றெனப் புலனாகும். அலகுக் குறியீடுகள் இடம்விட்டு எழுதப் பெறவேண்டும். எண்மான முன்னொட்டுக் குறியீடுகள் அலகுக் குறியீட்டுடன் நெருக்கமாய் எழுதப்படவேண்டும்.

மீட்டர் m	மில்லி m
டெசுலா T	டெரா T

எனவே மீட்டர் m, டெசுலா T-இந்த அலகுகளின் குறியீடுகளை வருவித்த அலகுத் தொகுதியின் இறுதியில் எழுதுவதால் இச் சிக்கலைக் களையலாம். ஆகவே மேலே குறித்த எடுத்துக் காட்டில் குறித்தது போன்ற ஐயுறவுக்கு இடமாகும் சமயங்களில்

m N என்பதைவிட N m

என்பது போலக் குறிப்பது குழப்பத்தைத் தவிர்க்கும்.

7. ''...மீட்டர் நொடிக்கு' அல்லது ''நொடிக்கு...மீட்டர்' (மீட்டர்/நொடி) என வகுத்தலாக வரும் இடங்களில்

ms^{-1} என எழுதுவதே முறை.
m/s என எழுதலாமாயினும் இதனைத் தவிர்த்தல் நலம்.

ஏனெனில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலகுகளால் பகுதி அமைந்தால் சரிவுக் கோடிட்டு எழுதுவது பெரும் குழப்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும்.

(எ-டு) வெப்பக் கடத்தம்,

$$<\lambda> = \frac{J}{S} \times \frac{1}{m} \times \frac{1}{k}$$

$(\overline{j/s}/m)/k$ (அல்லது (J/s) /mk என்ற இதனை j/s/m/k என்று தவறாக எழுதிவிடக்கூடிய வாய்ப்பும் உண்டு. எனவே

$$<\lambda> = J\,s^{-1}m^{-1}k^{-1}$$

என எழுதுவதே குழப்பமின்றி, தெளிவாக அணியாய் அழகாய் அமையும். இதிலும் $Js^{-1} = w$ எனவே $<\lambda> = wm^{-1}k^{-1}$ என எழுதுவதே முறை.

மேலும் சரிவுக்கோடு (/) SI அட்டவனைப் படுத்தத்திலும் சார்புக் கோட்டு அச்சுக் குறியீட்டிலும் வேறொரு பயன் பாட்டுக்கு உதவுகிறது (6.4.2.) எனவே அலகுக் குறியீட்டில் சரிவுக்கோட்டை அறவே கைவிடுதல் நல்லது.*

8. சதுர மீட்டர் (square metre), கன மீட்டர் (cubic metre) போன்றவற்றுக்கான பழைய குறியீடுகள் (sq., cu.) பயன்படுத்தப் பெறா. m^2, m^3 என்பனவே வழங்கிவரும்.

9. **லிட்டர்** (litre) என்ற கொண்மையலகின் ஆங்கிலக் குறியீடான l, ஒன்று 1–என்ற எண்போலத் தோன்றும் ஆதலால் அச்சிடுங்கால் litre (லிட்டர்) என்று விரித்து எழுதுவதே தக்கது. அல்லது li என்னும் குறியீட்டை ஏற்றுக்கொள்ளலாம்.

10. பாகை செல்சியசு °C, பாகைபாரனீட் °F என்று எழுதிய வழக்கத்தை ஒட்டி பாகைக் கெல்வின் °K என்று எழுதக்

* இந்த நூலில் SI அலகுகள் $js^{-1}m^{-1}k^{-1}$ போன்றே படி நிலைகளால் குறிப் பிடப்பட்டிருப்பினும், அலகு வேறுபாட்டைச் சுட்ட SIக்குப் புறம்பான அலகு களில் சரிவுக்கோடும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது, எனினும் படிநிலைகளால் குறிப்பிடுவதே தக்கது.

கூடாது. மாறாக வெறுமனே கெல்வின் K என்று எழுத வேண்டும்.

11. அலகுகளுக்கும் முன்னொட்டுகளுக்கும் செங்குத்து அச்சையும், அச்செழுத்தையும் (upright roman); கணிசங்களுக்கும் (physical quantities), எண்கணிதக் குறியீடுகளுக்கும் சரிவெழுத்தை (italic)யும் பயன்படுத்த வேண்டும். (அலகுக் குறியீட்டுக்கு GILLSANS அச்சைக்கூடப் பயன்படுத்தலாம்).

12. கணக்கீடுகளிலும் எண்மதிப்புடன் அலகுக் குறிகளையும் இட்டுக் கணக்கிடுதல் உகந்தது.

6.2.3. எண்மான முன்னொட்டுகளுக்கான குறியீடுகள்

1. எண்மான முன்னொட்டுக் குறியீடு, அலகுக் குறியீட்டுடன் இடம்விடாது இணைத்து எழுதப் பெறவேண்டும்.

μV ; mm mN — சரி

மில்லிநியூட்டன் mN-தவறு. ஏனெனில் 'மீட்டர் நியூட்டன்' என்றாகிவிடும்.

2. $10^{\pm 3n}$இதில் n ஒரு முழு எண். $10^{\pm 3n}$ மதிப்புடைய முன்னொட்டுகளே அனைத்து நாட்டு அலகுத்திட்ட முன்னொட்டுகள். இவையே உகந்தவை.

> வழக்கத்தில் எளிதாய், ஏந்தாய், அளவாய்க் காலா காலமாகத் தொடர்ந்து இருந்துவந்தாலும், cm போன்றவற்றைத் தவிர்த்தே ஆகவேண்டும்.

3. இரு எண்மான முன்னொட்டுகளை இணைத்து எழுதுவதைத் தவிர்க்கவேண்டும். ஒரே ஒரு முன்னொட்டாலேயே குறிக்க வேண்டும்.

589. 3mμm — மில்லிமைக்ரோமீட்டர் — சரியில்லை
589. 3nm — நேனோமீட்டர் — சரி

இதனால் இடமிச்சம், காலமிச்சம் ஏற்படுவது மட்டுமல்ல; அலகுத்திட்டத்தின் ஓரியன்மை (coherance) பாதுகாக்கப் பெறுகிறது.

$10^{-18} \leftrightarrow 10^{12}$க்கு வெளிப்புறம் எண்மான முன்னொட்டுகள் கொடுக்கப்படவில்லை யாதலால், அத்தகைய எண்மானம் வரும்போது அந்த எண்களை அப்படியே எழுதலாம்,

(எ-டு) சூரியனின் நிறை 1.99×10^{30} kg

4. பின்னமாக வரும் அலகு வரிசையில் முன்னொட்டு தொகுதியுடன்தான் இணைக்கப்பெற வேண்டும்.

(எ-டு) $10^6 Nm^{-2}$ என்பதை MNm^{-2} எனக்குறிப்பதே முறை. மாறாக Nmm^{-2} எனக்குறிப்பது தவிர்க்கப்படவேண்டும்.

பகுதியில் வருவன அனைத்தும் அடிப்படை அலகுகளாகத் தான் அமையவேண்டும். மேல்வாய், கீழ்வாய் (multiple, submultiple) அலகுகளாக அமையக்கூடாது.

ms^{-1}, — ms^{-1} (per millisecond) ஆக ஆகிவிடக்கூடாது அல்லவா!

புறநடை : முன்னொட்டு உள்ள அடிப்படை அலகான கிலோகிராம் kg பகுதியில் வந்தாலும் ஏற்றுக் கொள்ளப்படும்.

தவிர்க்கவியலாத சில அளவீட்டுத் துறைகளில் முன்னொட்டு கள் பகுதியில் இடம்பெறுவதும் ஏற்கப்பட்டுள்ளது.

5. ஓர் அலகின் படி (power) அல்லது மடங்கு உயர்த்தப் பெறும்பொழுது, அந்த அலகுப் பெருக்கம் முழுமையும் உயர்த்தப் பெறுகிறது. அடிப்படை அலகு மட்டுமே உயர்த்தப் பெறுவ தில்லை.

$1\ mm^2 = 1\ (mm)^2 = (10^{-3} m)^2 = 10^{-6} m^2$ — சரி

$1\ mm^2 = 1\ m(m)^2 = 10^{-3} m^2$ — தவறு

$1\ Km^2 = 1\ (Km)^2 = (1000 m)^2 = 1000 \times 1000 \times m^2 = 10^6 m^2$ — சரி

$1\ Km^2 = K(m)^2 = 1000 \times m^2 = 1000 m^2$ — தவறு

$Mm\ Ks^{-2} = 10^6 m\ (10^3 s)^{-2} = 10^6 m\ 10^{-6} s^{-2} = ms^{-2}$ இது ms^{-2} எனத்தான் குறிக்கப்படவேண்டும். $Mm\ ks^{-2}$ எனக் குறிப் பிடப்படக் கூடாது.

$$\begin{aligned} Mg\ Km^2\ \mu s^{-3} &= 10^3 kg\ (10^3 m)^2\ (10^{-6} s)^{-3} \\ &= 10^{27}\ kg\ m^2 s^{-3} = 10^{27}\ (kgm^2 s^{-2})\ s^{-1} \\ &= 10^{27}\ J\ s^{-1} = 10^{27}\ W \text{ — சரி.} \end{aligned}$$

$Mg\ Km\ \mu s^{-3}$ என்பது சரியில்லை; 10^{27} W என்பது சரி.

6. அலகுக் குறியீடு எண்மான முன்னொட்டுடன் தொடங்கினாலும் அல்லது அடிப்படை அலகுக் குறியீட்டால் தொடங்கினாலும் எண்மதிப்புக்கும் அலகுக் குறியீட்டுக்கும் இடையில் ஓர் எழுத்துக்கான இடைவெளி இருக்கவேண்டும்.

7800 kg m^{-3}	385 $Wm^{-1}K^{-1}$
470 nΩ m	4190 J

6.2.4. எண்களுக்கான குறியீடுகள்

1. எண்கள் (அஃதாவது எண்களுக்கான குறியீடுகள்) செங்குத்து அச்சால் (uprigh roman) அச்சிடப்பட வேண்டும்.

2. பின்ன எண்களில் பதினப்புள்ளி (decimal point) எண் மானத்தின் அடித்தளத்தில் நிறுத்துப்புள்ளி (full stop) போல இடப்பெற வேண்டும். இடைநடுவாய் இருக்கக்கூடாது.

6.625 17 — சரி
6.625 17 — தவறு

3. மூன்று எண்ணிடங்களைவிட மிகுதியான எண்ணிடங்கள் உள்ள எண்களை எழுதும்பொழுது, பதினப்புள்ளிக்கு இடப்புறத் திலும் வலப்புறத்திலும் மூன்று மூன்று எண்ணிடங்களாகப் பிரித்து இடைவெளிவிட்டு எழுதவேண்டும். எண் தொகுதியை சுட்ட காற்புள்ளி (comma) இடக்கூடாது.

31,	556,	925.975	தவறு
31	556	925.975	சரி
3.155	692	5975×10^{7}	மிகச்சரி
31.556	925	975×10^{6}	மிகமிகச்சரி

குறிப்பு: பதினப்புள்ளி இடுதல் ஆங்கில வழக்கம். பிரான்சு நாட்டில் காற்புள்ளி (comma-,) பதினப் புள்ளியாகப் பயன் படுகிறது. ஏனைய நாடுகளிலும் காற்புள்ளியைத்தான் பயன் படுத்துகின்றனர்.

புறனடை (exception): நான்கே நான்கு எண்ணிடங் களுடன் முடியும் எண்ணை ஒரே தொகுதியாகக் கொள்வது நல்லது. அவ்வாறே அட்டவணையாகப் பட்டியல் படுத்தும் போது அட்டவணையின் சீர்மைக்குத் தக்கவாறு எண்ணிடங் களை எழுதுதல் முறையானதே.

எண்ணிடங்களில் இடைவெளிவிடாமல் எழுதுவதற்கான சில எடுத்துக் காட்டுகள் :

(1) படித்தரத்தைக் குறித்தல் : IS : 3616—1966
(2) பக்கல் (தேதி) 1943 : 02 : 05 (1943 பிப்ரவரி 5)
(3) நாளின் மணி 1740h (= 5.40 PM)

4. புள்ளி பதினப் புள்ளியாக விளங்குவதால் எண்மானங் களுக்கு இடையிலான பெருக்கலுக்குப் புள்ளி இடக்கூடாது. மாறாகப் பெருக்கல் குறியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

5. அலகுகளின் எண்மதிப்பைக் கூறும்போது 0.1 முதல் 1000க்குக் கீழ் வரையிலான எண்மாணத்தில் கூறுவதே பொறுத்த மானது. இதற்கு அலகுகளின் எண்மான முன்னொட்டுகளைத் தக்கவாறு பயன்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும்.

15 000 N 15 kN--பொருத்தம்

எனினும், ஒரு கோவையில் அல்லது சீரான அட்டவணையில் ஓர் அலகுக்கு ஒரே முன்னொட்டு வருமாறுதான் எழுதவேண்டும். இதனால் எண் மதிப்பு 0·1→1000 நெடுக்கத்தைத் தாண்டி னாலும் சரி.

(காண்க : கிளார்க் அட்டவணை 1973 : பக்கம் 61 வைரத் தின் எங் குணிதம் Young's modulus)

6. எண் மாணத்துக்கும் அலகுக் குறுயீட்டுக்கும் இடையில் ஓர் எழுத்து அளவிலான இடம்விட வேண்டும் (காண்க 6.2.3:6)

எனினும் SI அல்லாத கோண அளவீட்டில் இது கடைப் பிடிக்கப் படக்கூடாது.

(எ—டு) 30°57' 16''

7. ஓர் எண்ணும் அலகும் சேர்ந்த பெருக்கம்தான் கணிசத் தின் மதிப்பு. 589.4 nm-இதில் 589. 4 என்பது எண்; nm என்பது அலகு. அலகுகள் அவற்றுக்கான எண்ணுடன்தான் இணைத்துக் கூறப் பெறவேண்டும். மாறாக, கணிசப்பெயருடனோ, குறியீட்டுப் பெயருடனோ கூறப்படலாகாது.

15 நியூட்டன், 15N-சரி
15 விசை 15F-தவறு

6.2.5. SI குறியீடுகளை எழுதுவதில் உள்ள குறைகள்

1. கீழ்க்கண்டவாறு எழுதுவதில் மிகுந்த கவனம் தேவை

$$1\text{MV} = 10^9 \times 1\text{mV}$$

இதில் சிறிய எழுத்து பெரிய எழுத்தாய் மாறிவிட்டால் அளவீடு கோடிக்கணக்கில் தவறாக அமைந்துவிடும்.

2. மீட்டர், மில்லி இரண்டுக்கும் (m); டெசுலா, டெரா இரண்டுக்கும் (T) ஒரே குறியீடு இருத்தல் குழப்பத்தை விளைவிக்கிறது.

மீட்டரையும் டெசுலாவையும் எந்த ஓர் அளவுத்தொகுதி யிலும் இறுதியில் இருத்துவதால் இச்சிக்கலை ஓரளவு களை யலாம்.

3. கிலோகிராம் என்ற படித்தர அலகு kg முன்னொட்டு டன் இருப்பது குழப்பத்தை உண்டாக்கும். 'கிலோகிராம்' என்ற **பெயர் மட்டும்** மாற்றப்படவேண்டும். கிலோகிராமுக்கான படித்தரமும் வரையறையும் மாறவேண்டியதில்லை என்பது வெளிப்படை (காண்க: 2.2.11)

4. ஈர்ப்பு முடுக்கக் கணிசம் g-யும் கிராம் g-யும் ஒரே கோவையில் வரும்போது மயக்கத்துக்கு இடம் அளிக்கும் kg பெயர் மாற்றப்பட்டு விட்டால் இது நீங்கிவிடும்.

5. அளவை முறையின் வரிசைப்படி அலகுகள் எழுதப் பெறுவதில்லை. எப்படியும் எழுதப் பெறுகின்றன.

6. 3. அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்டத்தின் நிறைவும் குறைவும்

அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்தின் பயனையும், அதன் குறைபாடுகளையும், இந்தத் திட்டத்தைப் பயன்படுத்துங்கால் கருத்தில் கொள்ள வேண்டிய நெறிமுறைகளையும் கவனிக் காலம்.

6.3.1. SI-இன் பயன்கள்

1. SI, சீர்திருந்திய ஒரு பதினமுறை. எனவே ஒரே உலக அளவீட்டுத்திட்டத்தை மேற்கொள்ள இது வழிவகுக்கிறது.

2. SI, ஓரியன்மை அலகுத்திட்டம் (coherent system) ஆகும். ஓரியன்மைத் 4.3.4. இல் விலக்கப்பட்டுள்ளது).

3. SI ஓரியன்மை அலகுத்திட்டம் ஆதலால் வெப்பத்தின் விசையச்சமனி (mechanical equivalent of heat = 4.1892) போன்ற பெருக்கற் காரணிகளையும், குதிரைத்திறன் = 746 W கழுதைத்திறன் = 250 W போன்ற சமன்பாடுகளையும் மனனம் பண்ணவேண்டியதில்லை. இதனால் கம்மியத்துறை (engineering) யில் சிக்கல் மிகுந்த கணக்கீடுகளுக்கு ஆகும் நேரத்தில் 80%

மிச்சம் ஆகிறது என்பதை உணரும்போது இதன் அளப்பரிய பயனை அறியலாம்.

4. ஓரியன்மை அலகுத்திட்டம் ஆதலால் கணிசச் சமன் பாடுகளில் பயன்படுத்த மிக எளிதாக, ஏந்தாக வாய்ப்பாக இருக்கிறது.

5. SI பதின்முறை யாதலால் $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{89}{877}$ போன்ற பின்னங் கள்வந்து கணக்கீட்டைச் சின்னாபின்னமாக ஆக்குவதில்லை.

6. cgs-திட்ட அடிப்படை அலகுகள் மிகச் சிறியவை SI அலகுகளோ ஓரளவு பெரியவை. மேலும் அலகுகளைப் பெரிய தாகவோ, சிறியதாகவோ ஆக்குவதற்கு, தகுந்த முன்னொட்டு களைப் பயன்படுத்தினால் போதுமானது.

ஊர்களுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவைக் கிலோ மீட்டரில் அளக்கலாம்; அறைக்குள் உள்ள தொலைவை மீட்டரில் அளக்க லாம்; சிறுகம்பியின் விட்டத்தை மில்லிமீட்டரில் அளக்கலாம்; ஒளி அலை நீளத்தை நேனோமீட்டரில் அளக்கலாம். அணு, அணுக்கரு ஆரங்களைக் கணிக்கும் அணுக்கருயியலார் தமது அலகாகப் பெம்டோ மீட்டரைக் கொள்ளலாம். இங்ஙனமே அவ் வத்துறைக்குப் பயன்படும் அலகுகளைத் தேர்ந்துகொள்ளலாம்.

7. 12 அங்குலம் (inch = விரற்கடை) = 1அடி, 3 1அடி = 1கசம் 220 கசம் = 1 பர்லாங் (furlong—படை சால்), 8 பர்லாங் = 1 மைல் (கல்) என்று தொடர்பற்ற எண்மானங்களும், ஒரே கணிசத் துக்குக் கணக்கற்ற அலகுப் பெயர்களும் மதிப்புகளும் உள்ளதற்கு மாறாக, ஒரு கணிசத்துக்கு ஒரேயொரு அலகும், அதன் மேல் வாய், கீழ்வாய் மடங்குகளுக்கு ஒரேசீரான $10^{\pm 3n}$ முன்னொட்டு களும் மட்டுமே கொண்டு ஒருங்கியைந்துள்ளன.

1000 μmm = 1mm	1000 μg = 1 mg	1000 μW = 1 mW
1000 mm = 1m	1000 mg = 1 g	1000 mW = 1 W
1000 m = kW	1000 g = 1 kg	1000 W = kW

என்பன போன்று வரும் வாய்பாட்டின் ஒருங்கியைவு, செப்ப மாகவும். மனப்பாடம் பன்னவேண்டியதின்றியும் அமைந்துள் ளது. இந்த முன்னொட்டுகளை எந்த அலகுடனும் சீராக இணைத்துக்கொள்ளலாம். இதனால் அறிவியற் கல்வி மிக விரைந்து பெருகிப் பரவியுள்ளது.

8. ஏற்கெனவே வழக்கத்தில் இருந்த cgs திட்டத்தின் கூர்தலற வளர்ச்சி (evolution) தான் SI. எனவே, cgs பயன் பட்டுவந்த அறிவியற் கல்வியையும் 'mks விசை' பயன்பட்டு வந்த தொழில்நுட்பக் கல்வியையும் ஒருங்கிணைத்து ஒரே அலகுத் திட்டத்துள் கொணர்கிறது.

9. SI-ன் அடிப்படை அலகுகள் 7. இவற்றையும், இவற்றால் வருவித்த அலகுகளையும் கொண்டு எதனையும் எளிதாக, இயல்பாக அளந்துவிடும் சிறப்புடையது.

fps அலகுத் திட்டத்தில் அதன் அலகுகளை நினைவில் நிறுத்தவே தனிப் படிப்புத் தேவை. அதன் வாய்பாடுகளோ சொல்லி மாளாது.

10. SI-ன் தனிச் சிறப்பு, ஒரு கணிசத்தை அளக்க, இங்கு இருவேறுபட்ட அலகுகளுக்கு இடம் கிடையாது. ஒரு கணிசம், அது எத்துறையில் இருந்தபோதிலும் அது ஒரே அலகால்தான் அளக்கப்படும்.

(எ-டு) வேலை அல்லது ஆற்றலின் அலகு செளல் (joule) வெப்பமும் ஆற்றலே. எனவே, வேலை அல்லது ஆற்றல் விசை யியலில் என்றாலும், வெப்பவியலில் என்றாலும் 'செளல்' ஆல் தான் அளக்கப்பெறும். கலோரிக்கு இங்கு 'வேலை' கிடையாது.

11. மின்சார இயல் அலகுத் திட்டங்களின் 'கரை காண அரியதொரு' பெருங்குழப்பக் கடலைக் கடைந்து தெளிவாக்கி ஒருங்கியன்மைப்படுத்தியதே SI-ன் தலையாய பயன். இதனை மின்சார இயலில் (அதிகாரம் 12) காண்க.

12. இயைபியல் மற்றும் எல்லா இயற் கல்விகளையும் ஆராய்ச்சிகளையும் அலகுத் திட்ட வழியில் எளிமைப்படுத்தியது.

6-3.2. SI-ன் குறைபாடுகள்

1. ஓரியன்மைத் திட்டத்தைப் பயன்படுத்துவதால் விசைக்கான அலகும், நிறைக்கான அலகும் வேறுபடுத்தப் படுகின்றன. இதனால் விசை இயக்கவியலில் சுமைகளைக் கொண்ட புதிர்கள் மிகவும் எளிதாக்கப் பெறுகின்றன. ஆயினும் விசைநிலைப்பியல் (statics) புதிர்களுக்கு இது எளிதாக அமைய வில்லை. கிலோகிராம் அலகில் உள்ள தொடக்கச் சுமைகள் நியூட்டன் அலகில் உள்ள விசைகளாகக் கருதப்பட வேண்டி யிருக்கிறது.

இக் குறைபாடு கம்மிய இயலில் ஒரு சிறு சிக்கல் எனினும் அளவீட்டு ஓரியன்மையைக் கருத இது குறைபாடாகத் தோன்றாது.

2. திருக்கம் (torque)* என்பது வேறு; வேலை என்பது வேறு. திருக்கம் என்பது விசையின் சுழலம் (Moment of a force). விசையையும் விசையின் திசையிலான தொலைவையும் பெருக்கக் கிடைப்பது வேலை; ஆனால் திருக்கமோ விசையையும் (விசைக்கும் 'குடுமி'க்கும் இடையில் உள்ள) வெறும் செங்குத்துத் தொலைவையும் பெருக்கக் கிடைக்கும். பிரித்தானிய அலகுத் திட்டத்தில் இவை,

lbf ft என்றும், ft lbf என்றும் வேறுபடுத்தப்பட்டு வந்தன. இத்தகைய வேறுபாடு SI-ல் கிடையாது. இரண்டுக்கும் SI-ல் Nmதான். mN என்பதில் விளையும் குறைபாடு ஏற்கெனவே குறிக்கப்பட்டுள்ளது. (6.2.2:6)

3. வருவித்த அலகுள் ஒன்றான செளல் எனப்படும் ஆற்றலின் அலகு, அறிவியலிலும் தொழில்நுட்பத்திலும் வரும் வெப்பக்கணிசங்களைக் குறிப்பதற்கு மிகச் சிறிய அலகாக விளங்குகிறது.

(எ-டு: 1) ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்போது ஒரு செளல் வேலை செய்யப்படுகிறது.

(2) ஒரு கிலோகிராம் நீரை ஒரு கெல்வின் உயர்த்த 4190 செளல் வெப்பம் தேவைப்படுகிறது.

—இதிலிருந்து வெப்பத்தை அளக்கும்போது 'செளல்' எவ்வளவு சிறிய அலகாக இருக்கிறது என்பது புலப்படும்.

எனினும் இத்தகைய இடங்களில் கிலோ செளல் மெகா செளல் என்ற பின்வரு அலகுகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

இங்ஙனமே திறன் கிலோவாட், மெகாவாட் இவற்றாலும், அழுத்தம் $KN\ m^{-2}$ (அல்லது கிலோபாசுகல்-KPa) அலகாலும் அளக்கப்பெறும்.

4. SI அலகுக் குறியீடுகளில் கூறிய குறைபாடுகள் இங்கும் பொருந்தும் (காண்க 6.2.5)

* 6.3.2: 2 : தமிழ். திருகு → E. *torque*, Latin 1 *torques* English derivatives : *torse*, *torsion* etc. torque என்பதைத் திருக்கை அல்லது திருக்கம் எனலாம்.

6-3.3. அனைத்து நாட்டுத் திட்ட அலகுகளைக் கையாளும் போது கருத்தில் இருத்தவேண்டியவை

1. அளவீடு அனைத்தையும் SI அலகுகளிலேயே எழுத வேண்டும். இந்த அலகுகள் அடிப்படை அலகாகவோ, வருவித்த அலகாகவோ, துணை அலகாகவோ அன்றிப் பின்வரு அலகாகவோ இருக்கலாம்.

எக்காரணம் ஆயினும் பிற அலகுகளையோ, மாற்றுப் பட்டியலையோ பயன்படுத்துவதைத் தவிர்க்கவேண்டும்.

2. குறிப்பிட்ட ஒவ்வோர் அலகுக்கும் எல்லா எண்மான முன்னொட்டுகளையும் இணைத்துக் குறிப்பிடுவது பொருந்தாது. அந்தந்த அலகுகளுக்கு உகந்த முன்னொட்டுகளையே பயன்படுத்தவேண்டும் (உகந்த முன்னொட்டுகளை 14.1.4-ல் காண்க). இதனால் அனைத்து நாட்டு அறிவியல் தொடர்பு சீராக அமையும்.

(எ-டு) இரும்பின் எங் குணிதம் $E = 2.06 \times 10^{11}$ Pa ($Pa = Nm^{-2}$) கணக்கீடுகளில் பயன்படுத்தும்போது $2.06 = 10^{11}$Pa எனக் குறிப்பது எளிதாக இருக்கும். இதனை 0.206டெராபாஸ்கல் அல்லது 206 ஜீகாபாஸ்கல் எனலாம். ஏனெனில், இருவகைகளிலும் எண்மானம் SI நெறிப்படி 0.1→1000 அளவைத் தாண்டவில்லை. இருந்தபோதிலும் 206 ஜீகாபாஸ்கல் எனக் கூறுவதே பொருத்தமாக அமையும். ஏனெனில் பெரும்பாலான பொருள்களின் எங் குணிதம் ஜீகாபாஸ்கலில் கூறப்படும் பொழுதுதான் 0.1→1000 நெடுக்கத்தைத் தாண்டாமல் உள்ளது.

3. நினைப்பது முழுக்க SI-ல்தான் நினைக்க வேண்டும்.

திருச்சிராப்பள்ளிக்கும் மதுரைக்கும் இடையே உள்ள தொலைவு என்னவென்றால் உடனடியாக 130 கிலோமீட்டர் என்றுதான் நினைவு வரவேண்டும். அதற்கு மாறாக 80 மைல் என்று நினைத்து 80-ஐ (8/5)ஆல் பெருக்கி 128 கிலோமீட்டர் எனக் கொண்டுவரக்கூடாது.

4. அனைத்து நாடுகளாலும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட அலகுகளை, அவை SI ஆயின் உகந்த முன்னொட்டுகளுடன் இல்லை அல்லது $10^{\pm 3n}$ முன்னொட்டுகளுடன் இல்லை; அல்லது SI அலகாக இல்லை என்ற காரணங்களுக்காக அவற்றைப் பயன்படுத்த மறுக்கக்கூடாது.

எடுத்துக்காட்டாக (1) நிமையம், மணி, நாள், கிழமை, மாதம், ஆண்டு என்பன SI நெறிமுறைக்கு உட்படாத அலகுகள் ஆயினும் அவை அனைத்து நாடுகளாலும் ஏற்றுக்கொள்ளப் பெற்றுள்ளன. எனவே அவை தொடர்ந்து பயன்படும்.

(2) வட்டத்தை 360 கோணப்பாகைகளாகவும், பாகையை 60 கோணநிமையம், 60 கோணநொடி எனவும் பகுக்கப்பட்ட முக்கோணவியல் அலகுகள் தொடர்ந்து பயன்பெறும்.

(3) அங்ஙனமே ரேடியன், ஸ்டெரேடியன் (ஆரயன், திணாரயன்) என்ற SI துணை அலகுகளும் தொடர்ந்து பயன்பெறும்.

5. கணக்கீடுகளில் அலகுகள் பயன்படுத்தப்படும்போது, அவற்றை அடிப்படை அலகுகளாகவும், எண்மான முன்னொட்டு இல்லாத வருவித்த அலகுகளாகவும் கைக்கொள்வது கணக்கீட்டை எளிமையாக்கும்.

(எ-டு) 37 கிராம் $= 37 \times 10^{-3}$ kg; மேலும் எளிதாக 3.7×10^{-2}kg
472 mm $= 472 \times 10^{-3}$m; ,, ,, 4.72×10^{-1}m
12 Kw $= 12 \times 10^{+3}$w; ,, ,, 1.2×10^{4}w

6. கணிசங்களுடன் சேரும் தனி (specific) என்ற முன்னொட்டு எடையால் வகுபடும் என்பதைக் குறிக்கும்.

(எ-டு) பருமம் V ; தனிப்பருமம் $v = \frac{V}{m}$

எனவே 'தடையெண்', 'வெப்ப எண்' என்ற தவறான சொல்லாட்சிகள் கைவிடப்படவேண்டும். விளக்கத்துக்கு 6-4.1. ஐக் காண்க.

7. SI, ஓரியன்மைத் திட்டம் என்பதைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். இங்கு ஒன்றை அளக்க இரு வேறுபட்ட அலகுகளுக்கு இடம் கிடையாது.

எனவே கலோரிக்கும் அதன்வழி வந்த வெப்பத்தின் விசைய சமனி (Mechanical equivalent of heat) என்ற தொடருக்கும் இங்கு வேலையே யில்லை.*

* 6-3.3:7: இருந்தும் RmksA அலகு மட்டுமே பயன்படுத்தப்படவேண்டும் என்று கட்டளையிடும் நமது பாடத்திட்டத்தில் வெப்பவிசையச் சமனி (Mechanical equivalent of heat) என்ற பாடப் பகுதியும் செய்முறையும் பரிந்துரைத்துள்ளமை பொருந்தாது.

RmksA அல்லது SI அலகுத் திட்டத்தில் எழுதியிருப்பதாகப் பெருமை பாராட்டும் பலபொத்தகங்களில் கிலோகலோரி என்னும் வெப்பத்தின் அலகு பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. கலோரியே SI அலகு அன்று; அவ்வாறு இருக்கும்போது கிலோகலோரி மட்டும் SI அலகாகிவிடுமா என்ன?

8. வெப்பநிலை வேறுபாடு 1 K = 1°C. நமது ஆய்வகங்களில் உள்ள வெப்பநிலைமானிகள் செல்சியசில் பகுக்கப்பட்டன வாதலால், தற்போது செல்சியசு அளவினிலேயே வெப்பநிலைகளைக் குறித்துக் கொள்ளலாம்; வெப்பநிலை வேறுபாட்டைக் கெல்வினில் மாற்றிக் கொள்ளலாம். செல்சியசு ஒரு வருவித்த திட்ட அலகு என்பதையும் மறந்துவிடக்கூடாது.

(எ-டு) $t_1 = 28.4^{\circ}C$ $t_2 = 37.9^{\circ}C$

எனவே, $t_2 - t_1 = 37.9 - 28.4 = 9.5^{\circ}C = 9.5\ K$

9. விசையலகுகள் அல்லது ஈர்ப்பு அலகுகளின் வழிவந்தனவற்றை — அவை mks விசையலகு ஆயினும் பயன்படுத்தக் கூடாது.

10. மின்சார இயலில் SI முழுக்க மாற்றம் பெற்றுள்ளது. எக்காரணம் கொண்டும் இதனை cgs அலகுகளுடன் தொடர்பு படுத்தக்கூடாது. காந்தவிசை நிலைப்பியல் (Magneto statics) உள்ளிட்ட காந்தவிளைவுகள் அனைத்தும் சம மின்சார விளைவுகளாகக் கொள்ளப் பெறுவதால் மின்சாரம், காந்தம் என்ற இரு தனிப் பகுதிகள் கிடையா. இரண்டும் ஒருங்குசேர்ந்து, 'மின்சார இயல்' என்று மட்டுமே வழங்கப்பெறும்.

11. SI-ல் காந்தப்பாய அடர்த்தி (Flux density) B தான் முக்கியமானது. cgs-ல் மிகுந்து பயன்படும் புலவலிமை (Field strength) H, SI-ல் முக்கியம் இல்லை.

$$B = \mu_o H$$

cgs-ல் $\mu_o = 1$ எனவே B = H. ஆகவே B எனக் கூறினும் H எனக் கூறினும் ஒன்றே; தவறு ஏதும் விளையப் போவதில்லை.

ஆனால் SI-ல் $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ H m^{-1} எனவே, B, H-க்கு எப்போதும் சமம் ஆகவே ஆகாது.

SI-இல் கணிசங்களை H-ல் கூறுவதைத் தவிர்க்க வேண்டும்; B யையே கையாள வேண்டும்.

12. SI-ல் முக்கியம் மின்சாரப் புலவலிமை E-யே; மின்சார இடப்பெயர்ச்சி D அன்று.

13. SI-ல் ஒரு சுருளின் மீதான இரட்டை விசை = $AIB \sin\theta$; காந்தத் துண்டின் மீதான இரட்டை விசை = $mB \sin\theta$. இதில் m = IA. உலகம் முழுக்கப் பயன்படுத்தும் சோமர்பீல்டு (Sommerfeld) பரிந்துரை $m = IA$ தான். இதுவே அறிவியலுக்கு முற்றும் பொருத்தமானது.

14. நடைமுறை அலகுகள் (Practical units) மாறாமல் கைக்கொள்ளப்பெறுகின்றன.

15. தனிப்படுத்தப்பட்ட 'புள்ளிக் காந்தமுனை' போன்ற கற்பனைக் கணக்கீடுகள் கைவிடப்படுகின்றன. மாறாக, சீரான புலம் என்ற கோட்பாடு கைக்கொள்ளப் பெறுகிறது.

எனினும், தனிக் காந்தமுனை கற்பனையே யானாலும் காந்த நிலைப்பியல் காந்த அளவியல் கொள்கைகளை மாணவருக்கு எளிதாக எடுத்துச்சொல்ல ஓரலகுக் காந்தமுனை என்ற கருத்து வாய்ப்பாகப் பயன்படும் என்பதால், ஓரலகுக் காந்த முனை என்ற இக் கருத்தைப் பல பிரித்தானிய ஆசிரியர்கள் மேற்கொள்கின்றனர். இதனை SI அலகுத் திட்டத்துக்கு முற்றிலும் இணக்கமாக,

வெற்றிடத்தில் சமவலிமைக் காந்தமுனையில் இருந்து 1 மீட்டர் தொலைவில் உள்ளபோது $\mu_o/4\pi$ நியூட்டன் விசைக்கு உட்படும் காந்தமுனை, ஓரலகுக் காந்த முனை என வரையறுக்கின்றனர்.

$$F = \frac{\mu_o}{4\pi} \times \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

$P_1 = P_2 = 1$ Am; $r = 1$ m; எனவே $F = (\mu_o/4\pi)$ N

நாமும் இதனை மேற்கொள்வதால் தவறில்லை.

16. மின்னிலைப்பியலில் வரும் கூலூம் நெறி

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \times \frac{Q_1 Q_2}{\varepsilon_r r^2}$$

அவ்வாறே காந்தவிசை நிலைப்பியலில் வந்த கூலூம் நெறி

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_o} \times \frac{P_1 P_2}{\mu_r r^2}$$

வழக்கில் இருந்து நீங்கிவிட்டது. சரியான சமன்பாடு

$$F = \frac{\mu_o}{4\pi} \times \frac{\mu_r P_1 P_2}{r^2}$$

6-4. மேலும் சில முக்கிய SI வழக்காறுகள்

அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்தில் மேலும் வழங்கி வரும் சில நெறிமுறைகளைக் காணலாம்.

6-4.1. SI-ல் தனி (specific) என்ற முன்னொட்டு

கணிசத்தின் ஓரலகு நிறைக்கு மட்டுமே தனி(specific) என்ற சொல்லைப் பயன்படுத்த வேண்டும். அதாவது, தனி (specific) என்பதற்கான அறிவியற் பொருள் நிறையால் வகுபடும் என்பதே.

(எ-டு) 1. மின்னூட்டம் e; தனி மின்னூட்டம் (specific charge) $= \frac{e}{m}$

2. வெப்பக்கொண்மை $<JK^{-1}>$ தனிவெப்பக்கொண்மை (specific heat capacity) $= <J\ kg^{-1}\ K^{-1}>$

நிறையால் வகுபடும் கணிசங்களுக்கு மட்டுமல்லாமல் நீளத்தால், பருமத்தால், பிற கணிசங்களால் வகுபடும் தகவு, எண்கள் எல்லாவற்றுக்கும் இதுவரை தனி (specific) என்ற முன்னொட்டு, பயன்பட்டுவந்த குழப்பம் ஒழிக்கப்படுகிறது.

குறிப்பு எண்	நீக்கப்படும் பழம்பெயர்	SI கணிசப் பெயர்
1.	தனித்தடை, தன்தடையெண் (specific resistance)	தடையம் (resistivity) $<P> = \Omega m$
2.	தனிக்கடத்தம், தற்கடத்து திறன் (specific conductance)	கடத்தம் (conductivity) $<\sigma> = Sm^{-1}$
3.	தனி எடை (specific gravity)	ஒப்படர்த்தி (relative density) $<d> = K$
4.	தனித்தேக்குதிறம் (specific capacitance)	காந்தப் புக்கியன்மை magnetic permeability $<\mu> = Fm^{-1}$
5.	தனித்தூண்டம், மின் கடத்தாப் பொருள் மாறிலி (specific inductance, specific inductive capacity, specific dielectric constant)	மின்இசைவியம் (அல்லது) இசைவியன்மை electric permittivity $<\varepsilon> = Hm^{-1}$
6.	தனிவெப்பம், வெப்ப எண் (specific heat)	தனிவெப்பக்கொண்மை specific heat capacity $<Cp> = J\ [kg^{-1}]\ K^{-1}$
7.	[?] மறை வெப்பம் (latent heat)	தனிமறை வெப்பம் (specific latent heat) $<l> = J\ [kg^{-1}]$

குறிப்புகள்

1, 2 — நிறையால் வகுபடாததால் தனி (specific) நீக்கப்பட்டது.

3 — அடர்த்திகளின் தகவு வெறும் எண் என்பதால் 'specific gravity' களையப்பட்டது. மேலும் 'specific gravity' பொருத்தக் குறைவான சொல்.

4, 5 — SI வருமுன்னரே பழைய பெயர்கள் வழக்கத்தில் இருந்து நீங்கத் தொடங்கின.

6, 7 — வெப்பவியலில் விளக்கப்பட்டுள்ளது (9.3.5.-ல் காண்க).

நிறையால் வகுபடும் மறைவெப்பம் இதுவரை **தனி மறை வெப்பம்** (Specific latent heat) என அழைக்கப்படாமல் இருந்தது ஒரு குறையே.

6-4.2. SI அட்டவணைப்படுத்தம்

எண் மதிப்புகளை அட்டவணைப்படுத்தும்போது கீழே குறிப்பிட்ட வழக்கத்தையே இனிமேல் கடைப்பிடிக்க வேண்டும் :

(1) செம்பின் தனிவெப்பக் கொண்மை

$$Cp = 385 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$Cp/\text{J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} = 385$$

அட்டவணையில் குறிக்கப்படுவது எண்மதிப்பே. எனவே அட்டவணைத் தலைப்பு 'cp / J kg⁻¹ K⁻¹' என இருக்கவேண்டும்.

(2) இரும்பின் எங் குணிதம்

$$E = 2.06 \times 10^{11} \text{Pa}$$

$$E = 206 \times 10^{9} \text{Pa}$$

$$E = 206 \text{ GPa}$$

$$E/\text{GPa} = 206$$

(3) அளமியத்தின் (aluminium)* மின் தடையம்

$$\rho = 2.65 \times 10^{-8} \ \Omega\text{m}$$

$$\rho/\Omega\text{m} = 2.65 \times 10^{-8}$$

* (3) தமிழ் : அளம்=உப்பு ; அளம் → alum. இதில் இருந்தே இந்த மாழைக்கு அளமியம் (alumium) என்ற பெயரை வயவர் அம்பிரிதேவி (Humphrey Davy) சூட்டினார். எனினும் அளம் → Latin alumen என்பதால் இலத்தீன் உயர்வு நோக்கி 'aluminium' எனப்பட்டது. அமெரிக்க வழக்கு alumium.

† தமிழ்: வள்—வளவு= திட்டி வாசல்; வளவு→Latin valva=folding door. Valva→E. Valve. எனவே, மூலமுதற் சொல்லால் valve 'வளவு' எனப்பட்டது.

இந்த வகைகளில் ஆன அட்டவணையின் மாதிரி

மாழைப் பெயர்	அடர்த்தி $\rho/kg\ m^{-3}$	தனிவெப்பக் கொண்மை $C\rho/Jkg^{-1}k^{-1}$	எங் குணிதம் E/GPa	மின்தடையம் $\rho/\Omega m$
				$\times 10^{-8}$
1. அளமியம்	2710	913	71	2.65
2. இரும்பு	7870	106	206	10
3. செம்பு	8930	385	117	1.7

குறிப்பு: கிளார்க் அட்டவணை 1973ஆம் ஆண்டுப் பதிப்பைப் பார்க்க.

இங்ஙனமே, செய்முறைகளிலும் அட்டவணைப் படுத்தத்தை மேற்கொள்ள வேண்டும்.

மின்னோட்டம் $I = 70$ mA

$I/\text{mA} = 70$

அங்ஙனமே மின்னழுத்தம் $U = 200$ V

$U/\text{V} = 200$

எனவே, ஒரு மூவாய் வளவின் (வளவு-valve) மின்னோட்ட மின்னழுத்தத்தைப் பட்டியல் படுத்துங்கால் கீழ்க் காணுமாறு குறிக்கலாம் :

U/V								
I/mA								

இதைக் கூறும்பொழுது, மின்னழுத்தம் வோல்ட்டில், மின்னோட்டம் மில்லி ஆம்பியரில் எனக் கூறவேண்டும்.

6-4.3. 'சார்வளை' என்னும் சார்புக்கோட்டின் அச்சுகளைக் குறிக்கும் வகை

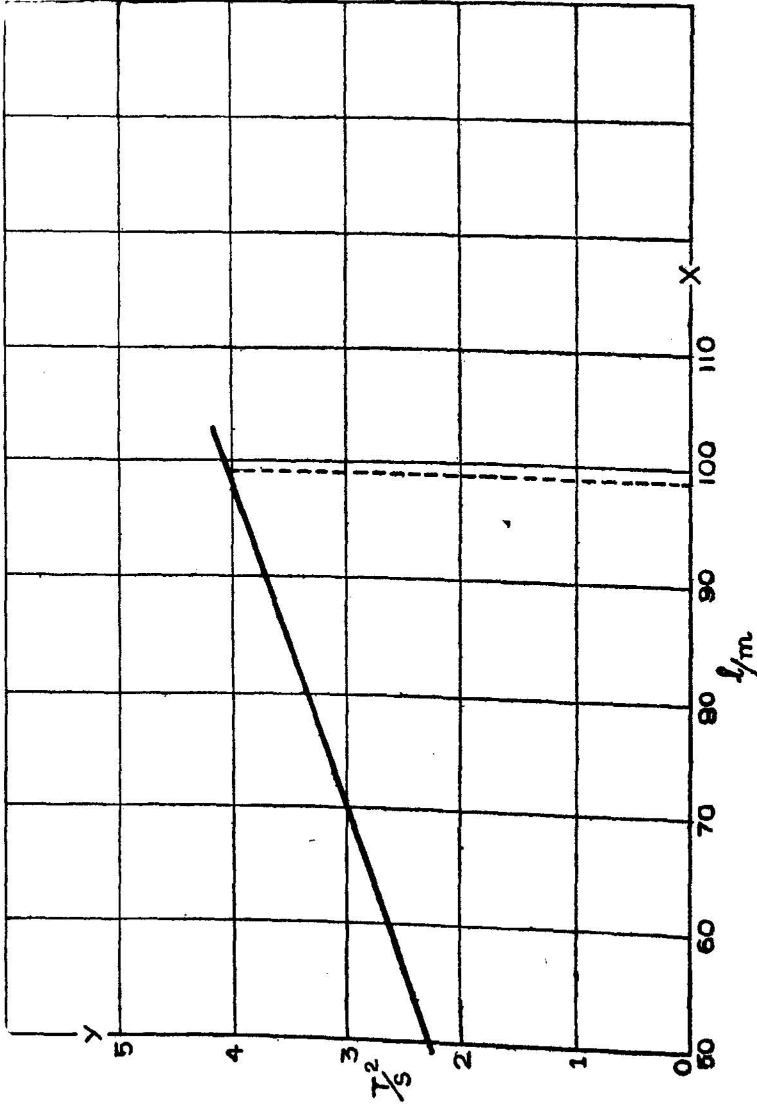
இரு கணிசங்களின் அலகுகளின் எண்மதிப்புத் தொடர்பைச் சுட்டிக் காட்டுவதுதான் சார்புக் கோடு. சார்புக் கோட்டில் குறிப்பிடுவது வெறும் எண்மதிப்பே.

(எ-டு) தனி ஊசலின் நீளத்துக்கும் அலைவு நேரத்தின் இருபடிக்கும் ஆன சார்புக் கோட்டைக் கருதலாம்.

$l = 1.20$ m $\quad \therefore\ l/\text{m} = 1.20$

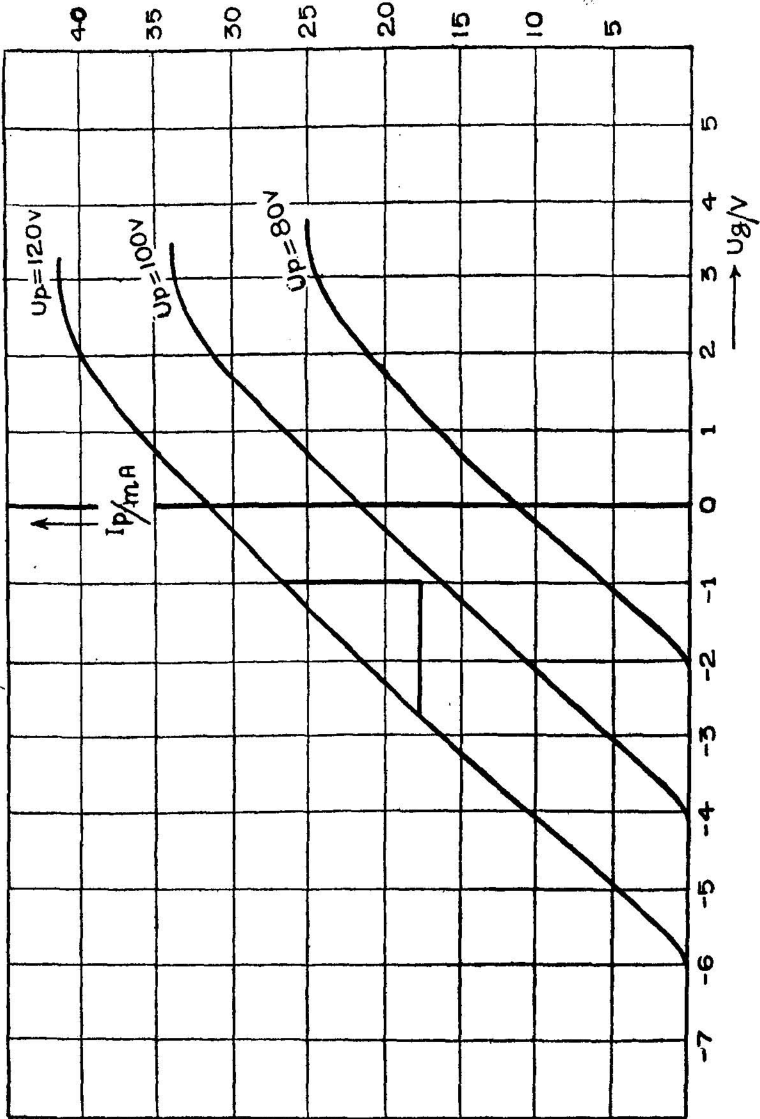
$t^2 = 4.8$ s $\quad \therefore\ t^2/\text{s} = 4.8$

நெடுக்கச்சில் {*1.20*}-ஐக் குறிப்பதால் நெடுக்கச்சில் (X-axis) l/m எனவும்; குறுக்கச்சில் {*4.8*}-ஐக் குறிப்பதால் குறுக்கச்சில் (Y-axis) t^2/s எனவும் குறிக்க வேண்டும்.



படம் 31. தனி ஊசல்—l-t^2 சார்புக்கோடு

முன்னர் வெறுமனே கணிசத்தை மட்டும் அச்சுகளில் குறித்த தற்கு மாறாக, கணிசத்தை அஃது அளக்கப்படும் அலகால் விளக்கமாகக் குறிக்கிறோம்.



படம் 32. மூவாய் வளவுப் பண்பு: Ug—Ip சார்புக்கோடு

6-4.4. SI கருவியாக்கம் (SI instrumentation)

பிரித்தானிய அலகுத் திட்டத்தில் இருந்து, பதின அலகுத் திட்டத்துக்கு (Metric system) மாறியபொழுது எல்லாக் கருவிகளின் அளவன்களும் (scales) தக்கவாறு மாற்றப்பட்டன.*

அவ்வாறே, பதின அலகுத் திட்டத்தின் வளர்ச்சியாய் விளங்கித் தோன்றும் அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்துக்கு மாறும்பொழுது, சிற்சில அளவீட்டுச் சரிசெயல்களை மேற்கொள்வது இன்றியமையாதது.

நமது ஆய்வகங்களில் அன்றாடம் பயன்படுத்தும் சில கருவிகளின் அளவீட்டில் செய்யவேண்டிய சிறு மாற்றங்களை மட்டும் கருதலாம் :

1. தற்போதுள்ள மீட்டர் அளவுகோல்களிலும், பிற கருவிகளில் பொருத்தப்பட்டுள்ள அளவுகோல்களிலும் மீட்டரின் உட்பிரிவுகள் **சென்டிமீட்டரில் குறிக்கப்பெற்றுள்ளன**. இப் பிரிவுகளை மில்லிமீட்டரில் குறிப்பதே சாலச் சிறந்தது; உகந்தது.

எடுத்துக்காட்டாக, தற்போது 0,1,2,3,...99,100 சென்டிமீட்டர் என்று அளவு குறித்திருப்பவற்றை 0,10,20,30,......990, 1000 மில்லிமீட்டர் எனக் குறிக்க வேண்டும்.

திருகுமானிகளும், கோளமானிகளும் மில்லிமீட்டரில் குறிக்கப் பெற்றுள்ளதால் அவற்றில் திருத்தம் தேவையில்லை.

வெர்னியர் பொருத்திய வெர்னியர் அளவி, வெர்னியர் நுண்ணோக்கி முதலானவற்றின் முதற்கோற் பிரிவுகளை மில்லிமீட்டரில் குறிக்கவேண்டும். மில்லிமீட்டரில் குறிக்கப்படும் அளவுகள், அளவிடுவதற்கு மிக வாய்ப்பாக இருக்கும்.

1 அடி, ½ அடிக் கோல்களை நீக்கிவிட்டு, மாணவர் பயன்படுத்துவதற்கு வாய்ப்பான அளவுகோலாக 200 mm கோலை உருவாக்கலாம்.

2. வெப்பநிலைமானிகள் செல்சியசு அளவனில் —10 → 0 → 110°C என்ற அளவீட்டு அமைப்பில் பிரித்துக் குறிக்கப் பெற்றுள்ளன. செல்சியசும் SI வருவித்த அலகாக ஏற்றுக்

*6-4.4: இந்த மாற்றங்கள் 'Metric Change in India' என்னும் நூலில் விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளன.

கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இந்த அளவீட்டு எண்ணைக் கெல்வினில் குறிக்க வேண்டுமாயின்,

நீரின் உறைவெப்பநிலை $0^{\circ}C = 273.15K$
நீரின் கொதிநிலை $100^{\circ}C = 373.15K$

என்பதால், நமது ஆய்வக வெப்பநிலைமானிகளை 260K முதல் 380K வரை நெடுக்கம் உள்ளதாக மேற்கொள்ளலாம்.

இவ்வாறே, தக்கவாறு ஏனைய மாற்றங்களைச் செய்து கொள்ளலாம்.

6-5. வேதியியல் எனப்படும் இயைபியலில் SI அலகுகள்

இனி, இயைபியல் தொடர்புள்ள பூதஇயைபியல் (Physical Chemistry) மற்றும் மூலக்கூற்றுப் பூதவியல் (Molecular Physics) ஆகிய துறைகளில் அனைத்து நாட்டுத் திட்ட அலகுகள் பயன் படும் வகையைச் சுருக்கமாக அறியலாம்.

6-5.1. 'மூலக்கூறும்' 'மோல்'-உம் (Molecule and mole)

ஒரு பொருளின் பண்புகளை முற்றிலும் உள்ளடக்கி, தனித் திருக்கவல்ல, அதன் மிகச்சிறு பகுதி மூலக்கூறு எனப்படும். ஒரு பொருளின் மூலக்கூற்றுப் பருமம் என்பது அதன் ஒரு மோலின் பருமம். இது, ஒப்பு மூலக்கூற்று நிறையை அடர்த்தியால் வகுக்கக் கிடைக்கும். ஒப்பு மூலக்கூற்று நிறை என்பது, ஒரு மூலக்கூற்று நிறைக்கும் கரி-12 அணுநிறையில் 12-ல் ஒரு பாக நிறைக்கும் உள்ள தகவு ஆகும். இது மூலக்கூற்று மோல் எனவும் கூறப்பெறும். இது நிற்க.

எந்த ஓர் இயைபியல் வினையிலும் (chemical reaction) ஒவ் வொரு பண்டமும் அடுத்ததுடன் குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையுள்ள மூலக்கூற்றுடன் வினைந்து, குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையுள்ள வேறு மூலக்கூறுகளாக ஆகின்றன.



$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

என்ற இந்த வினையில் 1 மூலக்கூறு H_2SO_4, 2 மூலக்கூறு NaOH உடன் வினைந்து 1 மூலக்கூறு Na_2SO_4-ஐயும் 2 மூலக்கூறு H_2O-ஐயும் விளைவிக்கிறது.

6-5.1. mole, molecule: இலத்தீனில் 'mole' என்பது நிறையைக் குறிக்கும். 'cule' (←குல்) என்பது சிறுமைப்பொருட் பின்னொட்டு (dimunitive suffix).

இத்தகைய விளைவுகளைக் கருதும்பொழுது, மூலக்கூற்று நிறைகளுக்குத் தக்க ஒரு நிறையலகைப் பயன்படுத்தினால் இவை பற்றிய கல்வி எளிதாக விளங்கும் எனத் தோன்றுகிறதன்றோ? மூலக்கூறு மட்டுமன்றி ஏனைய எல்லா அடிப்படைக் கூறுகளுக்கும் ஏற்றவாறு **பண்டவளவு** (Amount of a substance) என்ற கணிசமும் அதற்கான அலகாக, மோல் என்ற நிறையலகும் 1971-ல் கூடிய அளவீட்டுப் பொதுக் குழுவால் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டன.

0.012kg கரி−12 $^{12}_{6}C$-ல் எத்தனை அணுக்கள் உள்ளனவோ, அத்தனை அடிப்படைக் கூறுகளைக் கொண்ட பொருளளவு (அல்லது பண்டவளவு) ஒரு மோல். இந்த அடிப்படைக் கூறுகள் மின்னி (electron), அணு (atom), மூலக்கூறு (molecule), அயனி (ion), ரேடிக்கல் (radical) போன்றவைகளாகவோ அன்றி அத்தகைய கூறுகளின் குறித்த தொகுதியாகவோ இருக்கலாம். எனவே மோலைக் குறிப்பிடும்போது

மின்னியின் ஒரு மோல்;
......அணுவின் ஒரு மோல்; ......மூலக்கூற்றின் ஒரு மோல்;
......அயனியின் ஒரு மோல்; ......ரேடிக்கலின் ஒரு மோல்;

என்று அதனதன் அடிப்படைக் கூறுகளுடன் இது குறிப்பிடப்பட வேண்டும்.

0.012kg $^{12}_{6}C$-ல் 6.022 17×10^{23} அணுக்கள் உள்ளன. எனவே, ஒரு மோல் பொருளளவுக்குத் தேவைப்படும் (மின்னி, அணு, மூலக்கூறு, அயனி, ரேடிக்கல் போன்ற) அடிப்படைக் கூறுகளின் எண்ணிக்கை 6.022 17×10^{23}; 6.022 17×10^{23} எண்ணிக்கையுள்ள அதனதன் நிறை அதன் அதன் மோல் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, தூய்மையான ஒவ்வொரு பொருளின் மோலிலும் 6.022 17×10^{23} எண்ணிக்கை மூலக் கூறுகள்தாம் அடங்கியிருக்கும். இதன் நிறை அப்பொருளின் **மூலக்கூற்று மோல்** என வழங்கப்பெறும். இந்த எண்ணிக்கையான 6.022 17×10^{23} என்பது **அவாகாட்ரோ மாறிலி** என்பது நாம் அறிந்ததே.

அவாகாட்ரோ மாறிலி 6.022 17×10^{23} mol^{-1}

இனி, மின்னிகளின் ஒரு மோலைக் கருதுவோம்:

மின்னியின் அமைதி நிறை $m_e = 9.109\ 56\times10^{-28}g$

ஒரு மோலுக்கு இருக்கவேண்டிய அடிப்படைக் கூறுகளின் எண்ணிக்கை $N_A = 6.022\ 17\times10^{23}$

எனவே, மின்னியின் ஒரு மோல்நிறை = $m_e \times N_A$

$= 9.109\ 56 \times 10^{-28} g \times 6.022\ 17 \times 10^{-23}$

$= 5.486 \times 10^{-4} g$

இவ்வாறே,

O_2 அணுவின் ஒரு மோல்	=	32g
HCl மூலக்கூற்றின் ஒரு மோல்	=	36.5g
Na_2CO_3 மூலக்கூற்றின் ஒரு மோல்	=	106 g

அல்லது, இதனையே Na_2 அணுவின் மோலில் கூறினால் 106g Na_2CO_3 -ல் உள்ள Na^+ அணு மோல்கள் 2. மேலும்,

Hg^{++}-ன் ஒரு மோல்	=	401.18 g
SO_4^{--}-ன் ஒரு மோல்	=	96 g

ஏற்கெனவே குறித்த மின்னி

e^--ன் ஒரு மோல்	=	5.486×10^{-4} g

0.012 Kg (அல்லது 12g) நிறை $^{12}_{6}C$-ல் எத்தனை அணுக்கள் உள்ளனவோ($6.022\ 17 \times 10^{23}$) அத்தனை அடிப்படைக் கூறுகளின் அளவு ஒரு மோல் என வரையறுத்தோம். இதனையே வேறு வகையாகவும் கூறலாம்.

மோல், கிராமில் கூறப்பெறும் (ஒப்பு) மூலக்கூற்று நிறைக்குச் சமம் ஆகும். அல்லது

$$\left.\begin{array}{c}\text{மூலக்கூற்று}\\ \text{மோல்}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\text{ஒப்பு மூலக்}\\ \text{கூற்று நிறை}\end{array}\right\}$$

$$= \frac{\text{மூலக்கூற்றின் நிறை}}{^{12}_{6}C \text{ அணுவின் நிறையில் } \frac{1}{12} \text{ பாகம்}}$$

$$= \frac{\text{மூலக்கூற்றின் நிறை (கிராமில்)}}{1{\cdot}660\ 43 \times 10^{-2}\ kg}$$

$$= 6.\ 022\ \ 17 \times 10^{-23} \times \text{மூலக்கூற்றின் நிறை}$$

மூலக்கூற்று மோல் என்பது எப்போதும் ஒரே எண்ணிக்கை யுள்ள மூலக்கூறு (போன்ற அடிப்படைக்கூறு)களையே கொண்டிருக்கக்கூடிய பண்டவளவு (பொருளளவு) என்று அறிகிறோம். அந்தந்த மோல்களும் இவ்வாறுதான். எனவே, இந்தப் பண்டவளவு எதையும் சார்ந்து இராத ஓர் அடிப்படைக் கொள்கை என்பது வெளிப்படை.

எனினும் பண்டவளவு என்னும் கணிசத்தின் அலகான மோல், ஒப்பு மூலக்கூற்று நிறை போன்ற நிறையாலும், நிறையலகான

கிராமாலும் வரையறுக்கப் பெறுவதால் மோல் ஒரு வரு வித்த அலகாகவே விளங்குகிறது. உண்மையில், பண்டத் துக்குப் பண்டம் எண்மதிப்பு மாறுபடும் ஒரு நிறையலகு ஆகவே மோல் கருதப்பெறவேண்டும்.

மோல் என்ற இந்த ஓர் அலகை அடிப்படை அலகாகக் கைக் கொண்டதால் கிராம்-அணு, கிராம்-மூலக்கூறு, கிராம்-அயனி, கிராம்-சமவலிமை (gram-equivalent) போன்ற பல அலகுகளும் தேவையற்றனவாயின. மேலும், சமான எடை (equivalent weight), N-எண் (normality) போன்ற கொள்கைகளும் கைவிடப் பட்டன. இவை யாவும் வழக்கொழிந்ததால், இயைபியற் கல்வி மிகவும் ஒருங்கிணைந்து சீராகத் திகழ்கிறது.

6-5.2. SI அலகுகளை இயைபியலில் பயன்படுத்துங்கால் கருத்தில் இருத்த வேண்டியவை

1 'பண்டவளவு'க்கான அடிப்படை அலகு 'மோல்'. எனவே, கிராம்-அணு, கிராம்-மூலக்கூறு, கிராம்-அயனி, கிராம்-சம வலிமை போன்ற பல்வேறு அலகுகளும் ஒழிக்கப்பட்டன.

2. சமான எடை (equivalent weight), N-எண் (normality) போன்ற கொள்கைகளும் களையப்பட்டன. இந்தப் பழங் கொள்கைகளை நினைக்கவோ, பயன்படுத்தவோ கூடாது.

3. பண்டவளவின் அலகான மோல் அந்த அந்த அடிப்படைக் கூறுகளின் $6.022\ 17 \times 10^{23}$ எண்ணிக்கை நிறை ஆகும். எனவே, எடுத்துக் கொள்ளப்படும் அடிப்படைக் கூறுக்குத் தக்கவாறு இதன் நிறை மாறக்கூடியது. ஆகையால், எந்த அடிப்படைக் கூற்றின் மோல் என்பதைக் கட்டாயம் குறிக்கவேண்டும்.

4. cgs-லும் SI-லும் அவாகாட்ரோ மாறிலி $6.022\ 17 \times 10^{23}$ mol^{-1} தான். எந்த வகையான மாற்றமும் கிடையாது.

5. செறிவு (concentration), கனமீட்டருக்கு(m^3) இத்தனை மோல்கள் என்றுதான் குறிப்பிடப்படவேண்டும் ($mol\ m^{-3}$).

6. மோலாலிட்டி (molality)யைக் குறிப்பிடும்பொழுது கிலோகிராமுக்கு இத்தனை மோல்கள் என்றுதான் குறிப்பிட வேண்டும் ($mol\ kg^{-1}$)

'ஒரு கிலோகிராம் கரைசலில் 1 மோல் கரைவான் (கரை பொருள்) உள்ள கரைசல், மோலால் கரைசல்'—இந்த வரை

யறையில் மாற்றமில்லை. ஆனால் மோலாலிட்டி (பழைய மோலார் எண்ணு)—க்கு முன்னர் பயன்படுத்திய m என்ற குறியீட்டைத் தவிர்க்க வேண்டும். இதற்கான SI அலகுக் குறியீடு mol kg^{-1}.

7. மோலார் என்பது 'செறிவால் வகுபடும்' என்றும் கருதப்பட்டது. ஆனால் SI-இல் **மோலார்** என்ற உரிச்சொல் **பண்டளவால் வகுபடும்** என்ற கருத்து உடையது. வழக்கமாக ''மோல் ஒன்றுக்கு..........''என்று பொருள்படும் இதற்கான குறியீடு ''அடித்தளm'' ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக மோலார் பருமத்துத்கான குறியீடு

$$Vm. \quad Vm \quad \left(Vm = \frac{V}{m}\right)$$

எனவே, கரைசல்களின் செறிவை விளக்க 'மோலார்' என்ற சொல்லை SI-ல் பயன் படுத்தல் குழப்பத்தை விளைவிக்கும். ஆகையால் கரைசலின் செறிவுக்கு மோலார்-ஐப் பயன் படுத்தலாகாது.

8. கரைசற் செறிவுக்கான SI அலகு mol m^{-3} ஆனால் பழைய அளவீட்டில் கரைசற் செறிவுக்கான அலகு mol $litre^{-1}$ அஃதாவது mol $litre^{-1}$ = mol dm^{-3} = K mol m^{-3} = 10^3 mol m^{-3} இதன் cgs அலகு SI அலகைப் போல் ஆயிரம் மடங்கு பெரியது. எனவே cgs-இல் இக்கணிசத்துக்குப் பயன்படுத்திய **'மோலார் கரைசல்'** என்ற தொடரை எக்காரணம் ஆயினும் SI-இல் பயன்படுத்தக் கூடாது. இதன் குறியீடான M-ஐயும் கையாளக்கூடாது.

எளிமைக்காக, கரைசற்செறிவை mol dm^{-3} (=mol $litre^{-1}$) என்று குறிக்க நேர்ந்தாலும், மறந்தும் அதனை மோலார் கரைசல் எனக் கூறக் கூடாது.

kgmol m^{-3} = g mol $litre^{1}$ = g mol (dm^{-1})

9. pH அளவனில் மாற்றும்பொழுது நீரக அயனிச் செறிவை mol dm^{-3} என்ற அலகில் கூறுவது எளிதாய் இருக்கும்.

10. அங்ஙனமே குறைந்த பருமங்களைக் குறிப்பிட cm^3 எளிதாக இருக்கும். எனினும் அதனை mm^3 அல்லது m^3 இல் உரைப்பதே பொருத்தம்.

11. அணு எடை (atomic weight), மூலக்கூற்று எடை (molecular weight) என்ற தவறான சொல்லாட்சிகள் நீக்கப்

பட்டு, அவை முறையே ஒப்பு அணு நிறை (relative atomic mass) ஒப்பு மூலக்கூற்று (molecular நிறை relative mass) என வழங்கப் படவேண்டும்.

6.5.3. கரைசற்செறிவை வரையறுக்குங்கால் பயன்படும் சில SI அலகுகள்

செறிவு	cgs அலகு	SI அலகு	மாற்றல் கூற்றெண் $\frac{SI}{cgs}$
பண்டளவு	mol	mol	1
நிறை, m	g	Kg	10^{-3}
செறிவு, c	mol $liter^{-1}$	mol m^{-3}	10^{3}
மோலாலிட்டி, mi	mol Kg^{-1}	mol Kg^{-1}	1
மோல் பகி x_B mole fraction $x_B = \frac{n_B}{\Sigma_B n_B}$	பரிமானமில்	கணிசம்	—
அயனி வலிமை $1 = \frac{1}{2} \Sigma_i C_i Z_i^2$	mol $litre^{-1}$	mol m^{-3}	10^{3}
செயலூக்கக் குணகம் activity coefficient	பரிமானமில்	கணிசம்	—

6.5.4. சில இயைபியல் கணிசங்களும் SI குறியீடும்

கணிசம், குறியீடு	அலகுக் குறியீடு
பண்டளவு, n	mol
மோலார் பருமம், V_m	m^3 mol^{-1}
மோலார் அக ஆற்றல், U_m	J mol^{-1}
மோலார் வெப்பக் கொண்மை, C_m	J mol^{-1} K^{-3}
மோலார் என்ட்ரபி, S_m	J mol^{-1} K^{-1}
மோலாரிட்டி, C_B	mol m^{-3}
விரவுகைக் குணகம், D	m^2s^{-1}
வெப்ப விரவுகைக் குணகம் D_T	m^2s^{-1}

6. 6. ஏனைய இயல்களில் SI அலகுகள்

கம்மிய இயலிலும் (engineering), பௌதிகம் அல்லது இயற்பியல் என்ற பூதவியலிலும் அனைத்து நாட்டுத்திட்ட அலகுகளைப் பயன்படுத்தும் வகை இந்நூலில் அதிகார வாரியாகப் பரக்க விளக்கப்பட்டுள்ளது. இயைபியலுக்கான சிறப்புக் கூறுகள் 6.5 இல் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. அனைத்து நாட்டுத் திட்ட அலகுகள் பற்றிய இந்த விளக்கங்களை, எடுத்துக்கொண்ட படிப்புத்துறைக்கு—அவை கணிதம், மருத்துவம் போன்ற அறிவியல் துறைகள் ஆயினும் அன்றி வணிகம், பொருளளவியல் போன்றவை யாயினும் அவற்றுக்குத் தக்கவாறு பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். எடுத்துக்காட்டுக்காக சில இயல்கள் இங்குக் குறிக்கப்படுகிறது.

6.6.1. கணிதம்

எண்மானம் முதலானவற்றை அனைத்து நாட்டுத்திட்ட அலகுப்படி மேற்கொள்ள வேண்டும். விசையியல் (mechanics) முதலான துறைகள் பூதவியலுக்கும் கம்மிய இயலுக்கும் பொதுவானவை. இவற்றை அவ்வாறே மேற்கொள்ள வேண்டும்.

6.6.2. உயிரியல்

உயிரியலில் பரப்புகளைக் குறிக்க cm^2 வாய்ப்பாக இருந்தாலும். அதனை mm^2 அல்லது m^2 இல் கூறுவதே உகந்தது.

6.6.3. மருத்துவம்

இயைபியலுக்கான SI அலகுகள் அப்படியே பயன்பெறும். dm^3 = லிட்டர்; cm^3 = மில்லிலிட்டர் முதலான பரும அலகுகளைக் கைவிடுவது எளிதல்ல.

6.6.4. மனைஇயல் (home science)

ஏனைய இயல்களுக்குப் பொருந்திவரும் அனைத்து நாட்டுத் திட்ட அலகுகள் இதற்கும் பொருந்தும்.

6.6.5. பொருளியல், பொருள் அளவியல் (economics, econometrices)

பயன்பாட்டுக்குறைவு நெறி (law of diminishing utility) முதலானவற்றில் சார்புக்கோடுகளை SI நெறிமுறைப்படி எழுதலாம்.

6.6.6. வணிகம்

வணிகத்துக்கு அளவீடு உற்ற துணையாகும். அனைத்து நாட்டுத்திட்ட அலகுகளை அப்படியே மேற்கொள்ளலாம்.

6.6.7 நிலநூல் (geography)

குன்றுகளின் உயரத்தையும் குளங்களின் ஆழத்தையும் மீட்டரில் குறிக்கலாம். மலையின் உயரத்தையும் கடலின் ஆழத்தையும் கிலோமீட்டரில் கூறலாம்.

மழைப்பொழிவின் அளவை சென்டி மீட்டரில் கூறுவதைத் தவிர்த்து மில்லிமீட்டரில் தெரிவிக்கவேண்டும். (அங்குலத்தைப் பயன்படுத்தல் குற்றம் என அறிக.)

நிலம், குளம் முதலியவற்றின் பரப்பை m^2 அல்லது Km^2 இல் குறிக்கவேண்டும். 10^2 m^2–ஆன 'ஏர்'-வும், $10^4 m^2$ — ஆன ஹெக்டேர்-வும் பதினமுறையில் ஆனவை எனினும் SI திட்டமில் அலகுகளே.

வெப்பநிலைக்கு SI வருவித்த அலகாகக் கருதப்பெறும் பாகை செல்சியசைப் பயன்படுத்தலாம்.

காற்றின் அழுத்தத்துக்கு பார் ($=10^5 Nm^{-2}$) மில்லிபார் ($=10^2 Nm^{-2}$) என்ற அலகுகள் வாய்ப்பாகப் பயன்பட்டு வருகின்றன. எனினும் $10^6 NM^{-2}$, $10^3 Nm^{-2}$ ஐக்குறிக்கும் மெகா பாஸ்கல் (Mpa), கிலோபாஸ்கல் (Kpa) என்ற அலகுகளைப் பயன்படுத்தலாம். பாஸ்கல் மிகுந்து பயன்படுவதால் அளவீட்டுப் பொது மாநாட்டால் இது ஏற்றுக் கொள்ளப்படக்கூடும்.

புதிதாக அடிப்படையில் இருந்தே படிக்கத் தொடங்கும் மாணவனுக்கு மிக எளிதாகப் புரியும் அலகுத்திட்டம் அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டமே! ஏற்கனவே பல்வேறு அலகுத்திட்டங் களைப் போட்டுக் குழப்பிக்கொண்டபின் அனைத்துநாட்டு திட்ட அலகையும் படித்துக் குழம்புவதால் தான் தொல்லை விளைகிறது. இதனால்தான் SI-ஐப் பற்றிக்கூறும் போது, "இதில் குழப்பம் என்பது மாணவர் மனதில் இல்லை; ஆசிரியரின் மனதில் தான் (The confusion is not in the minds of the students; but in the minds of the teachers) என்பர்.

"நாங்கள் படிக்கும் காலத்தில் பலவகையான அலகுத் திட்டங்களைப் பயின்று உழன்று கொண்டிருந்தோம். ஆனால் ஒரேயொரு சீரிய அலகுத்திட்டம் ஒன்றை மட்டும் கைக்கொண்டு எளிதாகக் கற்கும் இக்கால மாணவர்களைக் காணப் பொறாமை யாய் இருக்கிறது." என G. R. நோக்ஸ் தமது இடைநிலைப் பூதவியல் (Intermediate Physics)-ன் முகவுரையில் கூறுவது பொருத்தமே!

7. பரிமான வாய்பாடும் அலகு மாற்றமும்

அளவீட்டு இயலில் பரிமானம்
ஆக்கும் பணிக்கோ அளவில்லை!
தெளிவாய்ப் புலத்தை வரையறுத்துத்
தேற இஃதுஅன்றி வேறில்லை!!

அளவீடு பற்றிய அடிப்படைக் கருத்துகளை விளக்கும் போது, இருவேறு அலகுத் திட்டங்களில் ஆன அலகுகளின் தகவைத் (ratio) தெரிவிப்பது பரிமான வாய்பாடு என அறிந்தோம் (காண்க: 4.2.3). இத்தகைய ஒரு பரிமான வாய்பாடு, அன்றிப் பரிமானச் சமன்பாடு, ஒரு திட்டத்தின் அலகுகளை மறுதிட்ட அலகுகளாக மாற்றுவதற்குப் பெரிதும் பயன்படும். எனவே இந்தப் பரிமானத்தைப் பற்றித் தீர்மான மாக அறிவது நல்லது.

எளிதாக வரையறுப்பதாயின், ஒரு கணிசத்தின் பரிமானங் கள் என்பன, அக் கணிசத்தை வரையறுக்கும் அடிப்படை அலகு களின் படியெண்களே (powers or exponents). பரப்பை வரையறுப்பின்,

$$[A] = L^2 M^\circ T^\circ \text{ அல்லது } [A] = L^2$$

இதில் நீளத்தின் பரிமானம் 2; நிறையின் பரிமானம் சுழி; நேரத்தின் பரிமானம் சுழி என்கிறோம். $[A] = L^2$ என்பது ஒருபரிமான வாய்பாடு அல்லது பரிமானச் சமன்பாடு எனப்பெறும்.

பரி...மானமா ?: பரிமானம் என்பதன் அறிவியற் பொருளை அறிந்தோம். அதன் சொற்பொருளை அறிவதும் இனிமை பயப்பதே! மானம்* என்றால் அளவு என்று பொருள். மா

* மானம்: வடவார்க்காடு மாவட்டத்தார் அளக்கும் கலத்தை மானம் என்பர்.

மாத்திரை: 1. அளவிட்ட கண்ணிமைப் பொழுது
2. அளவிட்ட மருந்து

என்ற வேர்ச்சொல் அளவு என்பதைக் குறிக்கும். இதிலிருந்து உருவான சொற்கள் மானம், மாத்திரை என்பன. மானம் என்ற மூலச்சொல் பிரென்சு மொழியிலும், இலத்தீன் மொழியிலும், mensio, mensus என வழங்கும், தனியான, பிரித்த என்று பொருள்படும் di (dis) என்ற முன்னொட்டுடன் கூடி dimensio, dimensus என்று ஆகி, ஆங்கிலத்தில் dimension என வழங்கப் பெறுகிறது. இயல்பான—அளவீட்டின் புறமாக—அளவீட்டின் பரிதிவுல் (=அளவீட்டின்—புற ஓரத்தில்) விளங்கும் புறம்பான—மேலோட்டமான தனி அளவுதான் இந்தப் பரிமானம்.

7.1. பரிமானச் சமன்பாட்டின் விளக்கம்

இரு வேறு திட்டங்களில் நீளம் என்ற அடிப்படை அலகின் தகவு

$$L = \frac{<L>_X}{<L>_Y}$$

எனில், அத்திட்டங்களில் பரப்பு என்ற வருவித்தஅலகின் தகவு L^2 என இருக்கும். இதில் பரிமானம் 2. இதனையே பொதுவாக, எந்த ஒரு வருவித்த கணிசத்தின் அலகுத் தகவு [A], நீளத்தில் p பரிமானமும், நிறையில் q பரிமானமும், நேரத்தில் r பரிமானமும் கொண்டது என்றால் அதனை

$$[A] = L^p M^q T^r$$

எனக் குறிக்கலாம்.

இதிலிருந்து, அலகு மாற்றத்துக்கு, இந்தப் பரிமான வாய்பாடுகள் மிகுந்த துணை செய்வன என்பது புலப்படுகிறது. (அலகுகளால் அளக்கும் எல்லா நிலைகளிலும் வருவித்த கணிசங்களுக்கு ஒரே முறையிலான அதே அடிப்படைக் கணிசங்களையே பயன்படுத்தல் வேண்டும் என்பது வெளிப்படை அஃதாவது,

$$A = l^2; \quad A = \frac{\pi}{4} l^2 \text{ அல்லது பொதுவாக } A = K\, l^2$$

இந்தச் சமன்பாடுகளில் வெறும் எண்மதிப்பு மாறிலிகளைத் தான் கையாள்கிறோம் பரிமான மாறிலிகளையல்ல)

7.1.1. பரிமான மாறிலி (dimensional constant)

சமன்பாடுகளில் வரும் சில மாறிலிகளும் பரிமானம் உடையதாக விளங்கும். ஓரிடத்தில் ஈர்ப்பு முடுக்கம் மாறாததாயினும், அது பரிமானத்தை உள்ளடக்கிய ஒரு மாறிலியாகும். (எ-டு)

$$S \propto t^2; \quad S = \frac{1}{2} gt^2$$

இந்தச் சமன்பாட்டில் ஈர்ப்பு முடுக்கம் g ஒரு பரிமான மாறிலி சமன்பாட்டைப் பரிமானச் சமானத்துக்கு உட்படுத்தினால்

$$[L] = \frac{1}{2} [g] [T^2]$$

அல்லது $[g] = LT^{-2}$ [= முடுக்கம்]

7.1.2. பரிமானச் சமச்சீர்மை (dimensional homogeneity)

ஒரு பரிமானச் சமன்பாட்டில் இடப்புறம் உள்ள கணிசங்களின் பரிமானங்கள், வலப்புறம் உள்ள கணிசங்களின் பரிமானங்களுக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். எடுத்துக் காட்டாக, நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்கநெறிப் படியான கவர்ச்சி விசை

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ அல்லது } \quad F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$[F] = LMT^{-2}$; வலப்புறம் M^2L^{-2} தான் உள்ளது.

இடப்புறமும் வலப்புறமும் உள்ள கணிசங்களின் பரிமானங்கள் சமமாய் இல்லை என்பதால், ஈர்ப்பு மாறிலி G ஒரு பரிமான மாறிலியாகத்தான் இருக்கவேண்டும். பரிமான வாய்பாட்டைச் சமப்படுத்தி, இதன் பரிமானம்

$$[G] = [LMT^{-2}] [L^2] [M]^{-2} = L^3M^{-1}T^{-2}$$

என அறிகிறோம். தற்போது சமன்பாட்டின் இடப்புறமும் வலப்புறமும்

$$[F] = LMT^{-2} = L^3M^{-1}T^{-2}ML^{-2} = LMT^{-2}$$

எனச் சமச்சீர்மை அடைந்து விடுகிறது. இதுவே பரிமானச் சமச்சீர்மை எனப்படும்.

7.1.3. வருவித்த அலகுகளுக்கான பரிமான வாய்பாடுகளைத்

தருவிக்கும்போது கருத்தில் இருத்த வேண்டிய நெறிமுறைகள் ஆவன :

1. $\{C\} = \{A\}\{B\}$ எனின் $[C] = [A][B]$

இதனை விளக்கமாகக் கூறுவதாயின், A,B என்ற கணிசங்களின் எண்மதிப்புப் பெருக்குத் தொகை C என்ற கணிசத்தின் எண் மதிப்புக்குச் சமம் என்றால்? Cயின் பரிமானம், Aயின் பரிமானத்தைப் B-யின் பரிமானத்தால் பெருக்குவதற்குச் சமம். அஃதாவது,

$$[A] = L^{Pa} M^{qa} T^{ra} ; [B] = L^{Pb} M^{qb} T^{rb}$$

எனின்

$$[C] = L^{Pa+pb} M^{qa+qb} T^{ra+rb}$$

2. $\{C\} = \dfrac{\{A\}}{\{B\}}$ எனின் $[C] = \left[\dfrac{[A]}{[B]}\right] = \dfrac{[A]}{[B]}$

அஃதாவது, $[C] = L^{Pa-Pb} M^{qa-qb} T^{ra-rb}$

3. $\{C\} = \{A\}^n$ எனின் $[C] = [A]^n = [A]^n$

அஃதாவது $[A] = L^p M^q T^r$ எனின்

$$[C] = L^{pn} M^{qn} T^{rn}$$

இவை, இவ்வாறு எளிதான கணக்கியல் முறைகளாலேயே நிறுவப்பெறும்.*

*மாதிரிக்காக, முதல்நெறியை நிறுவும் விளக்கத்தைக் கீழே காண்க. அங்ஙனமே. ஏனையவற்றை வருவிக்கலாம்:

$$C = A \times B$$
$$\{C\} = \{A\} \times \{B\}$$

A,B,C என்ற கணிசங்களை $<A_1>$, $<B_1>$, $<C_1>$ என்ற அலகுகளைக் கொண்டும்; $<A_2>$, $<B_2>$, $<C_2>$, என்ற அலகுகளைக் கொண்டும் தனித் தனியே அளக்கலாம். அவற்றுக்கான எண் மதிப்புகள் முறையே $\{A_1\}$ $\{B_1\}$ $\{C_1\}$ $\{A_2\}$ $\{B_2\}$ $\{C_2\}$

$$A = \{A_1\} <A_1>; \quad A = \{A_1\}; <A_2>,$$
$$B = \{B_1\} <B_1>; \quad B = \{B_2\} <B_2>$$
$$C = A B \quad C = \{c_1\} <c_1>; \quad C = \{C_2\} <C_2>$$
$$C = \{A_1\} <A_1> \{B_1\} <B_1> = \{C_1\} <e_1>$$

இதில் $\{e_1\} = \{A_1\}\{B_1\}$; $<c_1> = <A_1> <B_1>$

$$C = \{A_2\} <A_2> \{B_2\} <B_2> = \{c_2\} <c_2>$$

இதில் $\{C_2\} = \{A_2\}\{B_2\}$; $<C_2> = <A_2> <B_2>$

இவற்றில் இருந்து

$$\frac{<c_2>}{<c_1>} = \frac{<A_2>}{<A_1>} \quad \frac{<B_2>}{<B_1>}$$

$$[A] \frac{<A_2>}{<A_1>} = L^{Pa} M^{qa} T^{ra} ; [B] = \frac{<B_2>}{<B_1>} = L^{Pa} M_B^{q} T^{rb}$$

எனவே,

$$\frac{<C_2>}{<C_1>} = L^{Pa} M^{qa} T^{ra} L^{Pb} M^{b} T^{rb}$$
$$= L^{Pa+Pb} M^{qa+qb} T^{ra+rp}$$

7.2. அலகு மாற்றம்

இனி, ஓர் அலகுத்திட்டத்தில் இருந்து மற்றோர் அலகுத் திட்டத்துக்கு அலகுகளை மாற்றும் வகையைக் காணலாம். இந்த அலகுமாற்றம் நான்குவகையாக அமையும். (1) வரையறுப்புச் சமன்பாடு, (2) அடிப்படையலகு-இவற்றை (1) மாறாத, (2) மாறிய என்ற இரு சொற்களுடன் உறழ்ந்தால் அலகு மாற்றத்தின் நான்கு வகைகள் கிடைக்கும். அவற்றை ஒன்றன் பின் ஒன்றாகப் பார்க்கலாம்.

7.2.1. ஒரே வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும், ஒரே அடிப்படைக் கணிசங்களும் கொண்ட திட்டங்களில் அலகுமாற்றம்

வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும், அடிப்படைக் கணிசங்களும் வேறுபாடற்ற அலகுத் திட்டங்களுள்அலகுகளை ஒரு திட்டத்தில் இருந்து மற்றொன்றுக்கு மாற்றுவது மிக எளிதாகும். SI, cgs,fps என்ற மூன்றலகுத் திட்டங்களை எடுத்துக்கொண்டு, அவற்றை விசையியல் அலகுகளுக்கு மட்டும் கருதுவோம்.

கணிசம்	SI		cgs		fps
நீளம்	மீட்டர்	10^2	சென்டிமீட்டர்	3.281	அடி
நிறை	கிலோகிராம்	10^3	கிராம்	2.205	பவுண்டு
நேரம்	நொடி	1	நொடி	1	நொடி

வருவித்த அலகு	பரிமாணம்	SI	cgs SI மதிப்பில்	fps SI மதிப்பில்
நீளம் l	L	1m	$0.01\text{m} = 10^{-2}\text{m} = 1\text{cm}$	$0.3048\ \text{m} = 1\text{ft}$
பரப்பு A	L^2	1m^2	$(10^{-2}\text{m})^2 = 10^{-4}\text{m}^2 = 1\text{cm}^2$	$0.09728\ \text{m}^2 = 1\text{ft}$
கதி v	LT^{-1}	1ms^{-1}	$10^{-2}\text{ms}^{-1} = 1\ \text{cms}^{-1}$	$0.3048\ \text{ms}^{-1} = 1\text{ft s}^{-1}$
முடுக்கம் a	LT^{-2}	1ms^{-2}	$10^{-2}\text{ms}^{-2} = 1\text{cms}^{-2}$	$0.3048\ \text{ms}^{-2} = \text{ft s}^{-2}$
நிறை m	M	1kg	$10^{-3}\text{kg} = 1\text{g}$	$0.4536\ \text{kg} = 1\text{lb}$
இயக்க ஆற்றல் $E = \frac{mv^2}{2}$	$L^2\ MT^{-2}$	$1^2 \times 1 \times (1)^{-2} = 1\text{J}$	$(10^2)^{-2}10^{-3} = 10^{-7}\ \text{J} = 1\text{erg}$	$(0.3048)^2 \times (0.4536)$

அங்ஙனம் கருதும்பொழுது, இந்த மூன்று திட்டங்களிலும் வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும் அடிப்படைக் கணிசங்களும் மாறாதவை; ஆனால் அடிப்படை அலகுகள் மட்டுமே வெவ் வேறானவை. எனவே இந்தத் திட்டங்களில் அந்தந்த அலகு களுக்கான பரிமானச் சமன்பாடுகளில் எத்தகைய மாற்றமும் இல்லை என்பது வெளிப்படை.

மேற்குறித்த அட்டவணையில் cgs, fps திட்டங்களின் அலகு களை SI ல் மாற்றுவதற்குத் தேவையான மாற்றுதற் கூற்றெண் களை—பரிமானச் சமன்பாட்டில் எண்மதிப்புகளை இடுவது ஒன்றின் மூலமாகவே எளிதாகப் பெறலாம் என்பது புலப்படும்.

இவற்றைப் பயன்படுத்துமாறு ஒரு கணக்கைப் பார்க்கலாம்:

கணக்கு: கீழ்க்கண்ட முடுக்கங்களுள் எது மிகுதியானது?

(UM: PU: 70S—supplemented)

(1) 48 அடி / நொடி^{2}
(2) 1800 மைல் /மணி /நிமையம்
(3) 1200 செமீ/நொடி^{2}
(4) 2160 கிலோமீட்டர்/மணி/நிமையம்

இவற்றுக்கான அலகுகள் அனைத்தையும் SI இல் தருவிப் போம்;

1 அடி = 0.3048m; 1மைல் = 1609m; 1 செமீ 0.01 m;
1 Km = 1000m. 1 நிமையம் = 60 நொடி; 1 மணி=3600 நொடி
இந்த மதிப்புகளை இட,

$$(1)\quad 48 \frac{\text{அடி}}{\text{நொடி} \times \text{நொடி}} = 48 \times \frac{0.3048\text{m}}{\text{நொடி}\times\text{நொடி}} = 14.63\text{ms}^{-2}$$

$$(2)\quad 1800 \frac{\text{மைல்}}{\text{மணி நிமையம்}} = 1800 \times \frac{1609\text{m}}{36008\times 60\text{s}} = 13.41\text{ms}^{-2}$$

$$(3)\quad 1200 \frac{\text{செ மீ}}{\text{நொடி}} = 1200 \times \frac{0.01\text{ms}}{1\text{s}^2} = 12.00\ \text{ms}^{-2}$$

$$(4)\quad 2160 \frac{\text{கிலோமீட்டர்}}{\text{மணி நிமையம்}} = 2160 \times \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}\times 60\text{s}} = 10.00\text{ms}^{-2}$$

எனவே, முதல்வகையின் முடுக்கம் 14.63 ms^{-2} தான் மிகுதி யான மதிப்புடையது ஆகும்.

7.2.2. மாறாத வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும் வேறான அடிப்படைக் கணிசங்களும்

நீளம், நிறை, நேரம் என்ற அடிப்படைக் கணிசங்களால் விசையை வரையறுத்தால்,

$$[F] = L\ M\ T^{-2}$$

இதற்கு மாறாக, நாம் வேறொரு வகையாகக் கூட அடிப்படைக் கணிசங்களைத் தேர்ந்து கொள்ளலாம். நிறையை அடிப்படைத் தொகுதியில் இருந்து நீக்கிவிட்டு, அதனிடத்தில் விசையை ஓர் அடிப்படைக் கணிசமாகக் கொண்டு, நீளம், நேரம், விசை என்ற மூன்று அடிப்படைக் கணிசங்களைக் கைக்கொள்ளலாம். தற்போது நிறை ஒரு வருவித்த கணிசம். இதன் பரிமானம்

$$[M] = FL^{-1}T^{2}$$

என்பது வெளிப்படை. இவ்வாறு விசையை ஓர் அடிப்படைக் கணிசமாகக் கொள்வது கம்மிய இயலிலும் (engineering)—ஏன் ஏனைய பூதவியல் துறைகளிலும் அலகீட்டை எளிமையாய் ஆக்கும் என அறிவோம்.

இத்தகைய விசைத்திட்டத்தையும் SI அல்லது cgs-ஐயும் ஒப்பு நோக்க, இவற்றின் வரையறுப்புச் சமன்பாடுகள் ஓரே வழியின எனப் புலப்படும் ஆனால் அடிப்படைக் கணிசங்களுள் ஒன்று மட்டும் மாறியதால் அடிப்படைக் கணிசத் தொகுதியே மாறிவிட்டது.

கணிசம்	cgs இயல்புத் திட்டம்	cgs விசைத் திட்டம்	m(kgf)s விசைத்திட்டம்	SI
நீளம்	(100) சென்டி மீட்டர்	(100) சென்டி மீட்டர்	(1) மீட்டர்	மீட்டர்
நேரம்	(1) நொடி	(1) நொடி	(1) நொடி	நொடி
நிறை	(1000) கிராம்	(102)"விசைக் கிராம்"	(0.102) டம்	கிலோகிராம்
விசை	(10^5) டைன்	(102) கிராம் விசை	(102) கிலோ—கிராம் விசை	நியூட்டன்

வரையறுப்புச் சமன்பாடு மாறாததால், விசைத்திட்டத்தில் [F]க்குப் பதிலாக $[MLT^{-2}]$ஐ இட்டால், அது SI அல்லது cgs திட்டமாக மாறும்;* அங்ஙனமே SI அல்லது cgs திட்டத்தில்* [M]க்குப் பதிலாக $[FL^{-1}T^{2}]$ ஐ இட்டால் அது விசைத்திட்டமாக விளங்கும்

*அல்லது fps திட்டமும் பொருந்தும்

மேற்கோள்களாவன :

வேலை W = விசை × தொலைவு [W] = FL விசைக்குப் பதிலாக MLT^{-2} பரிமானத்தை யிட $[W] = ML^2 T^{-2}$ என்ற SI அல்லது cgs பரிமானத்தைப் பெறலாம். அங்ஙனமே

$$\text{அழுத்தம்} \quad P = \frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}} \qquad [P] = FL^{-2}$$

$$\text{SI அல்லது cgs இல் } [P] = MLT^{-2}L^{-2} = ML^{-1} T^{-2}$$

சில வருவித்த கணிசங்களின் பரிமான வாய்பாடுகளை இந்த இருவேறு வகையான திட்டங்களில் காணலாம்.

(வருவித்த) கணிசம்	cgs fps திட்டங்கள்	விசைத் திட்டம்
நிறை $f \div a$	M	$L^{-1} FT^2$
விசை $f = m \times a$	LMT^{-2}	F
விசையின் சுழலம்	L^2MT^{-2}	LF
ஆற்றல் $W = fl \cos \hat{fl}$	$L^2 MT^{-2}$	LF
திறன் $P = \frac{w}{t}$	L^2MT^{-3}	LFT^{-1}
அழுத்தம் $p = \frac{f}{A}$	$L^{-1}MT^{-2}$	$L^{-2}F$
சடமைச்சுழலம் $I = \int r^2 dm$	L^2M	LFT^2
நெகிழ்வுக் குணிதம் $E = \frac{fl}{A\ Sl}$	$L^{-1}MT^{-2}$	$L^{-2}F$
பிசிறம் $n = \frac{-f}{A\,(dv/dl)}$	$L^{-1}MT^{-1}$	$L^{-2}FT$
பரப்பு இழுவிசைக்குணகம் $\sigma = \frac{f}{l}$	MT^{-2}	$L^{-1}F$
மின்னழுத்தம் U(esu 3)	$M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{1}{2}}T^{-1}$	$F^{\frac{1}{2}}$
மின்னோட்டம் I(esu 3)	$M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{3}{2}}T^{-2}$	$F^{\frac{1}{2}}LT^{-1}$
காந்தப்புலவிசை H(esu 3)	$M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{1}{2}}T^{-2}$	$F^{\frac{1}{2}}T^{-1}$
காந்தப்பாய அடர்த்தி B (esu 3)	$M^{\frac{1}{2}}L^{-\frac{3}{2}}$	$F^{\frac{1}{2}}L^{-2}T$

7.2.3. வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும் வேறானபொழுது...

பெரும்பாலான வரையறைச் சமன்பாடுகளில் மாறிலியின் பரிமானம் சுழியாகவும் (அஃதாவது மாறிலி பரிமானம் இல்லாத தாகவும்), அந்த மாறிலியின் எண்மதிப்பு 1 ஆக இருக்குமாறும் பார்த்துக் கொண்டோம். இம்முறையே அளவீட்டுக்கு எளிதாக அமையும் என்பது தெளிவு. எனினும் குறித்தவொரு வழியிலேயே நமது வரையறைகளைக் கொண்டு செல்லுங்கால், மிகச் சில சமன்பாடுகளிலாவது இந்த மாறிலியின் எண் மதிப்பு $\{K\} \neq 1$ ஆகவும் இருக்கக்கூடும். அங்ஙனமே இம்மாறிலி அலகு உடைய தாகவும் [K], பரிமானமுடையதாகவும் [K] கூட அமையும், எனினும் இத்தகைய மாறிலிகளின் எண்ணிக்கை மிகக் குறைவாய் இருக்குமாறு உள்ளதொரு திட்டத்தையே நடைமுறைப் பயனுக்குக் கைக்கொள்கிறோம்.

மாறிலி $\{K\} \neq 1$ என அமையும் வகையை 4.2.5. இல் காட்டியுள்ளோம்: நீளத்தை அடியிலும் பரப்பை ஏக்கரிலும் அளக்கும் ஒரு திட்டத்தில், பரப்பு

$$A = \frac{1}{43560} L_1 L_2$$

இங்ஙனமே, சதுர மீட்டர்ப் பரப்பை வட்டத்துக்குப் பயன் படுத்துங்கால்

$$A = \frac{\pi}{4} L^2 \quad (L = \text{விட்டம்})$$

''ஓரலகு வட்டமுள்ள வட்டத்தின் பரப்பு ஓரலகுப் பரப்பு'' என வரையறுத்தால் (விளக்கத்தை 12.5.1 இல் காணலாம்)

$$\text{வட்டப்பரப்பு } A = l^2 \text{ எனவும்}$$

$$\text{சதுரப்பரப்பு } A = \frac{4}{\pi} l^2 \text{ எனவும்}$$

மாறும் என்பது வெளிப்படை. எனினும் இவற்றின் பரிமானம்

$$[A] = L^2$$

என மாறாது விளங்குகிறது. ஏனெனில் இந்த சதுர மீட்டர் வரையறையிலும், வட்ட மீட்டர் வரையறையிலும், நீளப் பரிமானத்துக்கும் பரப்புக்கும் உள்ள தொடர்பை மாற்றாமலும், ஏதாவதொன்றில் மாறிலியை 1 ஆக ஆக்கியும் மேற்கொள் கிறோம். வரையறை மாறாதபோதும் பரிமான மாறிலி வேறாக இருக்கக்கூடும் என்பதை இது விளம்புகிறது.

வரையறைத் தொடர்பு மாறும்போது இந்த மாறிலி எண் மதிப்பு உடையதோடு மட்டுமல்லாது, பரிமானம் உடையதாகவும் விளங்கும். இதன் பரிமானம் எடுத்துக்கொண்ட அடிப்படைக் கணிசங்களின் பரிமானம் என்பது வெளிப்படை.

அடிப்படைக் கணிசங்கள் மூன்றும் மூன்றும் 4.3.1. இல் குறித்தவாறு நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க நெறியில் இருந்து வருவித்த விசையின் சமன்பாடு

$$f = Ki\, ma$$

இதில் சடமை மாறிலியின் மதிப்பை $\{Ki\} = 1$ ஆக்கி

$$[F] = LMT^{-2}$$

என்ற பரிமானத்தைப் பெறுகிறோம். இதனை 'அனைத்து ஈர்ப்பு நெறிக்கான சமன்பாட்டில் இட்டால்

$$f = K_G \frac{m_1 m_2}{r_2}$$

$$MLT^{-2} = [K_G\ ]\, M^2L^{-2}$$

அல்லது $[K_G\ ] = [G] = L^3\, M^{-1}L^{-2}$

என்று ஆகிறது. இதில் G என்பது ஈர்ப்பு மாறிலிக்கான சிறப்புக் குறியீடு.

ஆக, இந்த ஈர்ப்பு மாறிலி எண்மான மதிப்பையும் பெறுகிறது. இதன் மதிப்பு

SI இல் $[G] = 6.67 \times 10^{-11}$

cgs இல் $\{G\} = 6.67 \times 6710^{-8}$

மாறாக, இதே அடிப்படைக் கனிசங்களைக் கொண்டு அனைத்து ஈர்ப்பு நெறியில் இருந்து விசையை வருவிக்கும்போது

$$f = K_G\ \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

வழக்கம்போல் $\{K_G\ \} = 1$ என ஆக்கினால்

$$[F] = M^2L^{-2}$$

இதனை விசையின் பரிமானமாகக் கொள்ளும்போது கடமைமாறிலி

$$[Ki] = L^{-3}MT^{2}$$ ஆகும்.

$$M^{2}L^{-2} = [Ki]\ LMT^{-2}$$

எனவே $[Ki] = L^{-3}MT^{2}$

இவ்வாறு ஈர்ப்புநெறியில் இருந்து வருவித்த விசையின் பரிமானத்தைக் கொண்டு ஏனைய விசையியல் கணிசங்களை அளப்பின் அவை யாவும் வேறு அமைப்பாக விளங்கும்.

வேலை = விசை × தொலைவு

$$[W] = L^{-2}M^{2}\ \ L = L^{-1}M^{2}$$

இவ்வாறே இயக்க ஆற்றலும்

$$[W] = [Ki]\ [\tfrac{1}{2}mv^{2}]$$

$$[W] = L^{-3}MT^{2}M\ (LT^{-1})^{2}$$

$$[W] = L^{-}M^{2}$$

எனவே வரையறைச் சமன்பாடு மாறும்பொழுது, ஒரு திட்டத்தில் பரிமானமில்லாமல் இருக்கும் மாறிலி அடுத்த திட்டத்தில் பரிமானத்துடன் விளங்கும். அத்துடன் அதன் சார்பாக வரும் கணிசங்கள் அனைத்தும் முதல் திட்டத்தில் இருந்து வேறுபட்ட பரிமானத்துடன் விளங்கும்.

7.2.4. மூன்றும் இரண்டும்! *(கணிசங்களும் வேறானபொழுது)*

நாம் தற்போது எடுத்துக்கொண்ட இரு வேறு வரையறைகள் இரண்டிலும் அடிப்படைக் கணிசங்கள் மூன்றுதாம். மாறாக ஒரு திட்டத்தில் மூன்று அடிப்படைக் கணிசங்களும் மற்றொன்றில் இரண்டும் உள்ள திட்டங்களைக் கருதலாம்.

இரண்டு கணிசத் திட்டத்தை உருவாக்குவதும் எளிதே! 5.3.4. இல் குறித்தவாறு நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க நெறியையும், அனைத்து ஈர்ப்பு நெறியையும் கெப்ளர் மூன்றாம் நெறியை யொத்த ஒரு பொது நெறிக்கு உட்படுத்தினால், ஈர்ப்பு மாறிலியும், சடமை மாறிலியும் பரிமான மில் மாறிலிகளாக மாறுவதோடு மட்டுமன்றி அவற்றின் எண் மதிப்பும் 1 என ஒன்றுகிறது. இதில் இருந்து

$$[M] = L^{3}T^{-2}$$

என வருவிக்கலாம். இந்த ''நிறை''யின் பரிமானத்தை நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க நெறியின் வழியிலான விசையிலும், ஈர்ப்பு நெறியின் வழிவந்த விசையிலும் இட,

$$[F] = MLT^{-2} = L^3T^{-2}\,LT^{-2} = L^4\,T^{-4}$$
$$[F] = M^2L^{-2} = [L^3T^{-2}]^2\,L^{-2} = L^4\,T^{-4}$$

இதில் இருந்தே, முன்னர்க் கூறியவாறு வேலை, திறன் முதலான பரிமானங்களை வருவிக்கலாம். (எ-டு)

$$W = f\times l = [L^4T^{-4}]\,[L] = [L^5T^{-4}]$$
$$W = LMT^{-2}\,L = L^2MT^{-2}$$

$[M] = L^3\ T^{-2}$-ஐ இடை

$[W]\ L^2\ L^3T^{-2}\ T^{-2} = L^5T^{-4}$

இங்ஙனமே இயக்கத்திணிவு mv-ஐ

$$MLT^{-1} = L^3T^{-2}\,LT^{-1} = L^4T^{-3}$$

என வருவிக்கலாம்.

கணிசம்	L M T அலகுத் திட்டத்தில் f நியூட்டன் வரையறையில்	f ஈர்ப்பு வரையறையில்	LT அலகுத் திட்டத்தில்	ஓரலகுத் திட்டத்தில்
விசை	LMT^{-2}	$L^{2}\,L^{2}$	L^4T^{-4}	1
சடமை மாறிலி	1	$L^{-3}MT^2$	1	1
ஈர்ப்புமாறிலி	$L^3M^{-1}T^{-2}$	1	1	1
வேலை	L^2MT^{-2}	$L^{-1}M^2$	L^5T^{-4}	L
இயக்கத் திணிவு	LMT^{-1}	$L^{-2}M^2T$	L^4T^{-3}	L

எனவே வரையறுப்புச் சமன்பாடு மாறும்பொழுது அடிப்படைக் கணிசங்கள் வெவ்வேறு எண்ணிக்கையில் அமைந்த திட்டங்களையும் பரிமானப் படுத்தி அலகு மாற்றத்துக்குப் பயன் படுத்தலாம் என்பது தெளிவாகிறது.

7.3 வேறுபட்ட அலகுகளுக்கு இடையிலான தொடர்பை அறிதல்

அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டம் எல்லா நாடுகளிலும் கட்டாயப்படுத்தப் பட்டாலன்றி, ஆங்காங்கே பல்வேறு வகையான அலகுத் திட்டங்களும், அளவீடுகளும் வழங்கியே வரும். எனவே, பல்வேறு திட்டங்களுக்கு இடையிலான

தொடர்புகளையும், மாற்றற் கூற்றென்களையும் (conversion factors) அறிந்து கொள்வது இன்றியமையாதது. இதனால், நடைமுறையில் உள்ள அலகுகளை நமக்கு உகந்த அலகுகளில் (குறிப்பாக அனைத்து நாட்டுத் திட்ட அலகுகளில்) மாற்றிக் கொள்வன மட்டுமல்லாது பழம் அறிவியல் பொத்தகங்களையும் அறிஞர்களின் அரியபெரிய ஆராய்ச்சித் தொகுதிகளையும் படிக்கும்போது அவற்றின் அலகுகளை நமதுவழக்கில் உள்ள அலகுகளுக்கு மாற்றிக் கொள்ளவும் வழி கிடைக்கும்.

அலகு மாற்றங்களுக்கான தொடர்பை (1) ஒரே வரையறுப்புச் சமன்பாடும் ஒரே அடிப்படைக் கணிசங்களும் (2) ஒரே வரையறுப்புச் சமன்பாடும் வேறான அடிப்படைக் கணிசங்களும் (3) வெவ்வேறான வரையறுப்புச் சமன்பாடும் வெவ்வேறான அடிப்படைக் கணிசங்களும் என, முன்னர்ப் பகுத்தவாறே பிரித்துக் கொள்ளலாம்.

7.3.1. மாறாத வரையறுப்பும், மாறாத கணிசங்களும்

7.1. இல் குறித்தவாறு, இவ்வகையான எல்லாத் திட்டங் களிலும் வருவித்த அலகுகளின் பரிமான வாய்பாடுகள் மாறாதன. எனவே அந்தந்த அலகுகளின் தகவுகளை ஈடு செய்துவிட்டால் போதும். இந்தத் தகவுகளை (100 cm = 1m போல) வாய்பாடுகளில் இருந்தோ அன்றி செயல்முறைகளில் இருந்தோ தீர்மானித்துக் கொள்ளலாம். 7.2. இல் தந்துள்ள போலிகைக் கணக்குகளுடன்கூட இங்கு மேலும் ஒரு கணக்கைச் சேர்த்து இதனை இத்துடன் முடித்துக் கொள்ளலாம். அலகு மாற்றங்களில் மிகவும் எளிமையான முறை இஃதே!

நியூட்டனின் இரண்டாம் நெறிப்படி ஆன விசையின் பரிமானச் சமன்பாடு SI, cgs, fps திட்டங்களில்

$$[F] = FMT^{-2}$$

fps திட்டத்தையும் SI-ஐயும் எடுத்துக் கொண்டால் இவற்றின் அடிப்படை அலகுகளின் சமனம் ஆவது:

1 அடி = 0.3048 மீட்டர் (படித்தர ஒப்பீடு)
1 பவுண்டு = 0.4536 கிலோகிராம் (படித்தர ஒப்பீடு)
1 நொடி = 1 நொடி

அஃதாவது,

$$1 = 0.3048 \frac{\text{மீட்டர்}}{\text{அடி}} ; \quad 1 = 0.453\,6 \frac{\text{கிலோகிராம்}}{\text{பவுண்டு}}$$

$$1 = 1 \frac{\text{நொடி}}{\text{நொடி}}$$

இம்மதிப்புகளை [F] = LMT^{-2}—இல் இட :

$$\frac{\text{fps திட்ட அலகு}}{\text{SI அலகு}} = \left(0.3048 \ \frac{\text{மீட்டர்}}{\text{அடி}}\right)\left(.4536 \frac{\text{கிகி}}{\text{பவு}}\right) \times 1$$

= 0.1382

எண்	மடக்கை
.3048	$\bar{1}$.4840
.4536	$\bar{1}$.6562
.1382←	$\bar{1}$.1407

என அலகு மாற்றக் கூற்றெண்ணை அறியலாம்.

7.3.2. மாறிய அடிப்படைக் கணிசம்

SI-இல் நீளம் நிறை. நேரம்-2ம் mkgfs-என்னும் விசைத் திட்டத்தில் நீளம், விசை, நேரம்-2ம் அடிப்படைக் கணிசங் களாக விளங்குகின்றன. SI-இல் விசை ஒரு வருவித்த கணிசம்.

$$[F] = LMT^{-1}$$

விசைத் திட்டத்தில் நிறை ஒரு வருவித்த கணிசம்

$$[M] = FL^{-1}T^{-2}$$

இவ்விரு திட்டங்களில் வறுபட்ட அலகுகளான விசையின் அலகு மதிப்பை {E} S1-இலும், நிறையின் அலகு மதிப்பை {M} விசைத் திட்டத்திலும், தொடர்பு படுத்திவிட்டால், இவற்றின் மாற்றக் கூற்றெண்களைத் தெளிவாக அறியலாம். மேலும் SI நிறையலகான கிலோகிராமும், விசைத் திட்டத்தின் 'விசை யலகான கிலோகிராம் விசையும் நெருங்கிய தொடர்புடன் உள்ளமை சிக்கலை மேலும் எளிதாக்குகிறது.

SI-இன் நிறைப் படித்தரமான மூல முன்மாதிரிக் கிலோ கிராமை, பூமி எவ்வளவு விசையுடன் ஈர்க்கிறதோ அவ்வளவு விசை ஒரு 'கிலோகிராம் விசை' எனப்படும். எனவே ஒரு கிலோ கிராம் விசை, 1 kg நிறைக்கு g ms^{-2} முடுக்கத்தைக் கொடுக்க வல்லது, நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க நெறிப்படி

விசை	=	நிறை	×	முடுக்கம்	
1 kgf	=	1 tum	×	1 ms^{-2}	......(1)
1 kgf	=	1 kg	×	g ms^{-2}	......(2)

இதில் g-நிலத்தின் ஈர்ப்பு முடுக்கம்.

இந்த ஈர்ப்பு முடுக்கம் g, நில நடுக்கோட்டில் 9.780 5 ms^{-2} இலிருந்து நிலமுனைகளில் 9.8322ms^{-2} வரை வேறுபடுவதால், மூல முன்மாதிரிக் கிலோகிராம் பாதுகாக்கப் பெற்றிருக்கும் சேவ்ரெஸ் (Sevre's) என்ற இடத்தில் எவ்வளவு முடுக்கத்துடன் கிலோகிராம் ஈர்க்கப்படுமோ, அந்த முடுக்கத்தை இயல்பான முடுக்கம் எனக் கொள்ள வேண்டும். சேவ்ரெ - இல்ஈர்ப்பு முடுக்கம் 9.80665 ms^{-2} இதைத் தோராயப்படுத்தக் கூடா தெனினும், எளிமைக்காக 9.80 ms^{-2} எனக் கொள்வோம்.

நியூட்டனின் இதே இயக்க நெறிப்படி, SI-இல்

$$1 \text{ நியூட்டன்} = 1 \text{ kg} \times \text{ms}^{-2} = 1 \text{ kgms}^{-2} \qquad ......(3)$$

முதல் இரு சமன்பாடுகளை ஒப்பிட

$$1 \text{ tum} = \{g\} \text{ kg} = 9{\cdot}80 \text{ kg}$$

அல்லது $1 \text{ kg} = \frac{1}{9{\cdot}80} \text{ tum} = 0{\cdot}102 \text{ tum}$

(2) — (3) ஐ ஒப்பிட

$$1 \text{ kgf} = g \text{ N} = 9{\cdot}80 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9{\cdot}80 \text{ N}$$

அல்லது $1 \text{ N} = 0.102 \text{ kgf}$

இந்த மாற்றக் கூற்றெண்களைத் தொகுத்துக் கொள்ளலாம்.

F:	1 kgf = 9.80 N	1 N = 0.102 kgf
M:	1 tum = 9.80 Kg	1 Kg = 0.102tum

இவற்றுடன் cgs அலகுகளையும்கூட இணைத்துக் கொள்ளலாம் இந்தத் தொடர்புகளை அறிந்தபின் அலகு மாற்றத்தில் சிக்கல் ஏதும் இல்லை.

ஒரு கணிசத்தின் SI — mkgfs விசைத் திட்ட அலகு மாற்றக் கூற்றெண்ணைத் தீர்மானிக்கலாம்.

1 (a) SI-இல்

$$\text{அழுத்தம்} = \frac{\text{விசை}}{\text{பரப்பு}}$$

$$[P]_{SI} = LMT^{-2} L^{-2} = L^{-1}MT^{-2}$$

$$\{L\}_f = \{L\}_{SI} \; ; \; \{M\}_f = 9.80 \{M\}_{SI} \; ; \{T\}_f = \{T\}_{SI}$$

எனவே $P_f = 9.80\ P_{SI}$*

இங்ஙனமே mkgfs விசைத் திட்டத்தையும் cgs திட்டத்தையும் எடுத்துக் கொண்டால்

$\{L\}_F = 100\ \{L\}\ cgs;\ \{M\}_f = 9.80 \times 1000\ \{M\}\ cgs$

எனவே $P_f = \left\{\frac{M}{LT^2}\right\} = \frac{9.80 \times 1000}{100} P\ cgs$

$= 98.0\ P_{cgs}$

1 (*b*) விசையலகுப் பரிமாணங்களை இட்டால்

$[P]_f = L^{-2} F$

$\{F\}_f = 9.80\ \{F\}_{SI}\ ;\ \{L\}_f\ \{L\}_{SI}$

வேறுபடுவது F ஒன்றுதான் எனவே

$$P_f = 98.0\ P_{SI}$$

இவற்றின் cgs மதிப்புகள்

$\{F\}_f = 9.80 \times 10^5\ \{F\}_{cgs}\ \{L\}_f = 100\{L\}_{SI}$

வேறுபடுவன. F-வும் L-வும் எனவே

$$P_f = (9.80 \times 10^5)\ (100)^{-2} = 98.0\ P_{cgs}$$

2. m kgfs விசைத் திட்டத்திலும் cgs திட்டத்திலும் வேலைக்கான தொடர்பைக் காணலாம்.

$[W]_{cgs} = L^2MT^{-2}$

விசைத் திட்டத்துக்கான cgs சமானங்களை இட

$$(100)^{-2}\ (9.8 \times 10^3) = 9.8 \times 10^7$$

அங்ஙனமே $[W]_f = LFT^{-1}$

L, F2-க்கான மாற்றல் கூற்றெண்களை யிட

$$(100)\ (9.80 \times 10^5) = 9.80 \times 10^7$$

என அலகுகளின் தகவுகள் கிடைக்கின்றன.

*இவற்றில் f என்ற துணைக்கீழ்க்குறி விசைத்திட்ட அலகு என்பதையும் SI என்ற துணைக்கீழ்க்குறி SI அலகு என்பதையும் cgs என்ற துணைக் கீழ்க்குறி cgs அலகு என்பதையும் குறிக்கும்.

இவ்வாறு, அடிப்படைக் கணிசம் மாறினாலும் வரையறுப்புத் தொடர்பு மாறாதனவற்றில், அலகுகளின் பரிமானங்களின் துணையால் எண்மதிப்பு மாறுபாட்டை அறியலாம்.

7.3.3. மாறாத அடிப்படை அலகுகளும் மாறிய வரையறைத் தொடர்பும்

அடிப்படை அலகுகள் மாறாதபோது, வரையறைத் தொடர்பு மட்டும் மாறிய இரு வேறு திட்டங்களில் அலகு மாற்றத்தைத் தீர்மானிக்கலாம்
(காண்க : 72.3)

வேறு வேறான வரையறைத் தொடர்புள்ள இரு வேறு திட்டங்களில் A என்ற கணிசம், $<A_1>$ என்ற அலகாலும், $<A_2>$ என்ற அலகாலும் அளக்கப்படுகிறது என்க.

$$[A_1] = L_1^{P} M_1^{q} T_1^{r}; \qquad [A_2] = L^{P_2} M^{q_2} T^{r_2}$$

$$A = \{A_1\} <A_1> \qquad A = \{A_2\} <A_2>$$

$$A = \{A_1\} <A_1> = \{A_2\} <A_2>$$

அல்லது, $$\frac{\{A_1\}}{\{A_2\}} = \frac{<A_2>}{<A_1>} = \{K\}$$ என்க

இவ்வாறு கிடைக்கும் மாறிலிக்கு எண்மதிப்பு மட்டுமன்றி பரிமானமும் உண்டு.

இதிலிருந்து

$$[K] = \frac{[A_1]}{[A_2]} = L^{p_1-p_2} M^{q_1-q_2} T^{r_1-r_2}$$

முதல் திட்டத்திலும் இரண்டாம் திட்டத்திலும் A என்ற கணிசத்தின் பரிமானத்தகவை [K] தீர்மானிக்க வல்லது.

$$<A_1> = \frac{1}{K} <A_2>$$

$\{K\}$ இன் மதிப்பை ஏதாவது ஓர் அலகுத்திட்டத்தில் தெரிந்து கொண்டால், அடுத்த திட்டத்தில் அதன் மதிப்பை $\{1/K\}$ எளிதில் அறியலாம். இதிலிருந்து அவற்றுக்கான இத்திட்டங்களின் அலகுத் தொடர்பையும் தீர்மானிக்கலாம்.

மீண்டும் நமது ''நியூட்டன் விசை''யையும் ''ஈர்ப்பு விசை'' யையும் கருதலாம். சடமை அலகுப்படி ஈர்ப்பு விசை

$$fi = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

இரு திட்டங்களிலும் அடிப்படை அலகுகள் மாறாதவை; கவர்ச்சி அல்லது ஈர்ப்பு விசை (fg), $m_1 m_2/r^2$ ஈர்ப்பலகுகளால் அளக்கப்பெறுவதாகக் கருதுங்கால்

$$\{ fi \} = G \{ fg \}$$

அடிப்படை யலகுகள் மாறினால் {fi} {fg} என்ற எண் மதிப்புகள் மாறும். இதனால் {G} யின் மதிப்பும். இந்த மாற்றத்தையும் பரிமான வாய்பாட்டால் தீர்மாணிக்கலாம்.

$$[f]_i = LMT^{-2} \quad [f]_g = L^{-2}M^{-2}$$

$$[G] = \frac{[f]_i}{[f]_g} = \frac{LMT^{-2}}{L^{-2}M^{2}} L^3M^{-1}T^{-2}$$

$$\text{எனவே } \{G\} \propto l^{-3}\, mt^2 \text{ ஏனெனில்} <G> \propto \frac{1}{\{G\}}$$

அஃதாவது, எண்மதிப்பு {G} நீள அலகின் முப்படிக்கு எதிர்த் தகவிலும், நிறையலகுக்கு நேர்த்தகவிலும், நேர அலகின் இரு படிக்கு நேர்த்தகவிலும் இருக்கிறது என்று புலப்படும். SI இல் இதன் மதிப்பு $\{G\} = 6.67 \times 10^{-11}$; cgs திட்டத்தில் $\{G\} = 6{\cdot}67 \times 10^{-8}$ எனக் கண்டுள்ளோம்.

விசையின் சடமை அலகு $<f>_i$ க்கு, ஈர்ப்பலகு $<f>_g$ க்கும் உள்ள தொடர்பு

$$<f>_i = \frac{1}{G} <f>_g$$

('எண்மதிப்பும் அலகும் தலைகீழ்ந் தகவின' என்பதை நினைவு கூர்க) எனவே நிறையைக் கிலோகிராமிலும், நீளத்தை மீட்டரிலும் அளக்குங்கால்

$$<f>_f = \frac{1}{6.67 \times 10^{-11}} <f>_g = 1.50 \times 10^{10} <f>_g$$

அங்ஙனமே cgs திட்டத்தில் அளக்குங்கால்

$$<f>_i = \frac{1}{6.67 \times 10^{-8}} <f>_g = 1.50 \times 10^{7} <f>_g$$

SI-இல் $\langle f \rangle_i$ = நியூட்டன் N: cgs-இல் $\langle f \rangle_i$ = டைன் இவற்றை இட

$$1\ \mathrm{N} = 1.5 \times 10^{10}\ \mathrm{kg^2 m^{-2}}$$
$$1\ \mathrm{dyn} = 15. \times 10^{7}\ \mathrm{g^2 (cm)^{-2}}$$

இவையே இருவேறு வரையறைத் தொடர்புள்ள அலகுத் திட்டங்களின் அலகுத் தொடர்புகள் ஆகும்.

வரையறுக்கும் தொடர்புகள் மாறிய இரு திட்டங்களில் பரிமான வாய்பாடுகளின் உதவியால் அலகுகளைத் தக்கவாறு மாற்றலாம். எனினும் பரிமான மாறிலியின் எண்மதிப்பை எவ்வாறேனும் அறிந்தாலொழிய அலகு மாற்றங்களைப் பெறுவது எளிதல்ல.

7.3 4. வரையறைத் தொடர்பு, அலகு இரண்டும் மாறியபொழுது

வருவித்த அலகுகளைத் தருவிக்கும் வரையறைத் தொடர்புகளும் மாறுபட்டு, அடிப்படை அலகுகளும் மாறுபட்டு விட்டால் அலகுகளை மாற்றுவது சிக்கல் மிக்கதே. எனினும் இரு திட்டங்களில் மாறுபட்ட அலகுகளுக்குஇடையிலான தொடர்பைத் தருவித்து, அவற்றைச் சமபடுத்தி,அதன்பின் அவ்வாறு தொடர்புற்ற அடிப்படை அலகுகளை மாறாததாகக் கைக்கொள்ளலாம். பின்னர் இதனை 'மாறிய அடிப்படை அலகுகளும் மாறாத வரையறைத் தொடர்பும்' உள்ளதாகக் கைக்கொண்டு புதிரை விடுவிக்கலாம்.

7.4. அலகுமாற்றப் பட்டியல்கள்
(Conversion tables)

அலகுகளை ஒரு திட்டத்தில் இருந்து மற்றொன்றுக்கு மாற்ற, ஒவ்வொரு முறையும் மாற்றல் கூற்றெண்களைக் கணக்கிட்டு அறிவதைவிட, ஒரு கணிசத்தின் வெவ்வேறு அலகுகளின் சமானத்தைக் கணக்கிட்டு அட்டவணையாகத் தொகுத்து வைத்துக் கொண்டால் எல்லா நேரத்திலும் அது ஏற்றவாறு பயன்தரும்.

7.4.1. மாற்றல் கூற்றெண்கள் (Conversion factors)

ஒரு கணிசத்தைக் குறிக்கும் ஒரு திட்டத்தின் அலகை மறு திட்டத்தில் மாற்றுவதற்குப் பயன்படும் கூற்றெண்களைத் தேர்ந்து கொண்டால் அலகு மாற்றத்தை எளிதாக இயற்றலாம். எடுத்துக்காட்டாக நீளக் கணிசத்தையே கருதாலம்.

$$1 \text{ அங்குலம்} \equiv 25.4 \text{ mm}$$

அல்லது $$1 \equiv \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ அங்குலம்}}$$

அல்லது $$1 \equiv \frac{1 \text{ அங்குலம்}}{25.4 \text{ mm}}$$

எனவே $$1 \equiv \frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ அங்குலம்}} = \frac{1 \text{ அங்குலம்}}{25.4 \text{ mm}}$$

என எழுதலாம். இந்தத் தகவுதான் மாற்றக் கூற்றெண் எனப்படும்.

இரண்டு அலகுகளை இவ்வாறு 1 என்ற எண்மதிப்புக்குச் சமப்படுத்துவதால் விளையும் பயன்களாவன :

(1) "1" என்ற எண் மதிப்பை எந்தக் கோவையிலும் எளிதாக ஈடு செய்யலாம். எனவே அலகு மாற்றம் கோவையின் இயல்பை மாற்றாது.

(2) அலகுகளை மா றுவது என்பது 1-ஆல் பெருக்குவதே என்பதால், அலகுகள் றிக்கும் கணிசங்கள் மாறான எனச் சுட்டுகிறது.

(3) 1-இன் தலைகீழ் மதிப்பும் 1 ஆதலால் வேண்டிய கோவைகளில் தக்கவாறு மாற்றற் கூற்றெண்களை இட ஏந்தாகிறது.

எனவே சமான அலகுகளை 1 என்ற மதிப்புடையதாக எழுதுவது எளிதாக அமைகிறது.

$$1 \text{ அடி} \equiv 0.3048 \text{ மீட்டர்}$$

$$1 \equiv \frac{0.3048 \text{ மீட்டர்}}{1 \text{ அடி}} \equiv \frac{1 \text{ அடி}}{0.3048 \text{ மீட்டர்}}$$

இவ்வாறே எந்த இரு அலகுகளையும் எழுதலாம் :

$$1 \equiv \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ அங்குலம்}} \equiv \frac{1 \text{ அங்குலம்}}{0.0254 \text{ m}} = \frac{1 \text{ அடி}}{0.3048 \text{ m}} = \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ அடி}}$$

$$\equiv \frac{0.4536 \text{ kg}}{1 \text{ பவுண்டு}} \equiv \frac{1 \text{ டைன்}}{10^{-5} \text{ N}} \equiv \frac{1 \text{ கலோரி}}{4.187 \text{ J}} \equiv \ldots,$$

இதன் வழியில், ஒரு கணக்கை எடுத்துக்காட்டாகக் கொள்ளலாம்:

மணிக்கு 45 மைல் என்பது, (1) நொடிக்கு எத்தனை அடி? (2) நொடிக்கு எத்தனை மீட்டர்?

$$(1) \quad 45\ \frac{\text{மைல்}}{\text{மணி}} = 45 \times \frac{\text{மைல்}}{\text{மணி}} = \frac{5280\ \text{அடி}}{1\ \text{மைல்}} \times \frac{1\ \text{மணி}}{3600\text{s}}$$

$$= 66\ \frac{\text{அடி}}{\text{நொடி}}$$

$$(2) \quad 45\ \frac{\text{மைல்}}{\text{மணி}} = 45 \times \frac{\text{மைல்}}{\text{மணி}} \times \frac{5280\ \text{அடி}}{1\ \text{மைல்}} \times \frac{3048\text{m}}{1\ \text{அடி}}$$

$$\times \frac{1\ \text{மணி}}{3600\text{s}} = 20.12\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

இவ்வாறே எல்லாக் கணிசங்களுக்கும் மாற்றல் கூற்றெண் களை உருவாக்கி அலகு மாற்றங்களை எளிதாக்கலாம்.

7.4.2. அலகு மாற்றுப் பட்டியல்களைத் தொகுத்தல்

அலகு மாற்று அட்டவணைகளைத் தொகுக்கும்போது அலகுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொடர்புகள் கீழ்க்கண்ட ஏதாவது ஒரு முறையால் பெறப்பட வேண்டும்:

(1) நேரடியான அன்றி மறைமுகமான செயல்முறைகள்
(எ-டு) 1 kgf = 9.81 N

(2) வரையறைகள்
(எ-டு) 1 m = 100 cm

(3) படித்தரங்களையோ அன்றி மூலமுன்மாதிரி களையோ ஒப்பிடல்

(எ-டு) 1 கஜம் = 0·914 4 m
1 பவுண்டு = 0.453 6 kg

(4) பரிமான வாய்பாடுகளைப் பயன்படுத்திய கணக் கீடுகள்.

(எ-டு) 7.4.3. இல் அறியப்பெற்ற அலகு மாற்றம்.

எண்மதிப்புகளைப் பெற்ற பின் அவற்றை அட்டவணைப் படுத்தும்பொழுது, மாற்றவேண்டிய அலகுகளை அட்டவணை யின் இடது ஓரத்தில் ஒன்றன்கீழ் ஒன்றாக எழுதி கொண்டுக்

மாறப்போகும் அலகுகளை மேல் ஓரத்தில் ஒரே நெடுக்கு வரிசையில் எழுதிக்கொள்ள வேண்டும்.

பட்டியல்களைப் பார்க்கும் முறையாவது: நீளக் கணிசத்தில் அடியை மீட்டராக மாற்ற வேண்டும் என்றால் இடதுபுறக் காலத்தில் (காலம்-column)* "1 அடி = M" என்ற வரிசை வழியாக மீட்டர் என்ற காலத்தை நோக்க, அவை சந்திக்கும் இடத்தில், 1 அடி = 0.3048 m என்ற மாற்றக் கூற்றெண் புலப்படும் (பின்னிணைப்பில் (14.9) உள்ள அட்டவணைகளைக் காண்க).

7.5. பரிமாணப் பகுப்பாய்வு
(Dimensional Analysis)

"ஒரு பகுப்பாய்வின் பகுப்பாய்வே பரிமாணப் பகுப்பாய்வு"
—P. W. பிரிட்ஃமான்

பரிமாணம், பரிமான வாய்பாடு, பரிமானச் சமன்பாடு, பரிமான மாறிலி, பரிமானச் சமச்சீர்மை (dimensional homogeneity) முதலிய யாவற்றையும் உள்ளடக்கியது பரிமானப் பகுப்பாய்வு, இதனை,

> "குறித்த சில அளவீட்டு முறைகளைக் கைக்கொள்வதால் விளையும் பயன்பாட்டையும், சில அளவீட்டு முடிவுகளைக் கணக்கியற் படுத்தும் வழி முறைகளையும் உள்ளடக்கிய சில பகுத்தாய்ந்த பட்டறிவு முறைகள் பயன் நல்குவன என்ற உண்மையை உணர்த்தும் பகுப்பாய்வே பரிமானப் பகுப்பாய்வு"

என்று விளக்குவர்.

தொடக்கக் காலத்தில் இந்தப் பகுப்பாய்வில் தலைசிறந்து விளங்கியவருள் ஒருவரான ராலே கோமகன் (Lord Rayleigh) இதனை "ஒப்புமை நெறிமுறை" (principle of similitude) என அழைத்தார். இதன் பயனை விளக்கும் பேராசிரியர் பிரிட்ஃமான்,

* Column: தமிழ். கால் (= தூண்) > L. Columna E. Column தூண், தூணம் என 'அம்' என்ற பெருமைப் பொருள் பின்னொட்டை (augmentative suffix) ஏற்றதுபோல் கால் - காலம் என ஆயிற்று. காலாள் (படை) - Column.

''ஓர் அமைப்பில் உள்ள வேறி (parameter) களின் பரிமானங்களை ஆய்வதன் மூலம், வேறிகளுக்கு இடையே நிலவும் தொடர்பின் வடிவில் சில இன்றியமையா வரம்பு களைத் தருவிப்பதே பரிமானப் பகுப்பாய்வின் தலையாய பயன்''

என்பார்.

பரிமானப் பகுப்பாய்வையும் அதன் பயனையும் புரிந்து கொள்ளும் பொருட்டு ஓர் எடுத்துக்காட்டை மேற்கொள்ளலாம். அதுவும் எளிய ஊசல் (simple pendulum) கணக்கையே எடுத்துக் கொள்வோமே!

7.5.1. பரிமானப் பகுப்பாய்வுக்குள் தனிஊசல்!

தனிஊசல் ஒன்றின் அலைவுநேரம் t நீளத்தைப் (L) பொறுத்தது ; அவ்விட ஈர்ப்பு முடுக்கத்தை (g)ப் பொறுத்தது; குண்டின் நிறையைப் பொறுத்ததல்ல என்பதைப் பரிமானப் பகுப்பாய்வில் அறியும் வழி என்ன ?

அலைவு நேரத்துடன் இந்த மூன்று கணிசங்களையும் இணைக்கும் ஒரு சமன்பாட்டை உருவாக்குவோம் :

$$t = K\, l^{p}\, g^{q}\, m^{r} \qquad \ldots\text{—}(1)$$

இதில் p, q, r என்பன தெரிவுறாத மடங்குகள். K ஒரு பரிமானமில் மாறிலி. t, l, g, m இன் பரிமானங்கள் முறையே

$$[\,t\,] = T\ ;\ [\,l\,] = L\ ;\ [\,g\,] = LT^{-2}\ ;\ [\,m\,] = M$$

எனவே,

$$[\,T\,] = L^{p}\,[\,LT^{-2}\,]^{q}\,[\,M\,]^{r}$$

$$[\,T\,] = L^{p}\,L^{q}\,T^{-2q}\,M^{r}$$

$$[\,T\,] = L^{p+q}\,T^{-2q}\,M^{r}$$

2 ஆம் சமன்பாட்டின் இருபுறமும் ஒப்புநோக்க

$[\,T\,]:\ 1 = 2q$ அல்லது $\underline{q = -\tfrac{1}{2}}$

$[\,M\,[:\ \underline{r = O}$

$[\,L\,]:\ p+q=O$ அல்லது $P - \tfrac{1}{2} = O$ அல்லது $\underline{P = \tfrac{1}{2}}$

இதனைத் தொடக்கச் சமன்பாட்டில் இட

$$t = k\,l^{\frac{1}{2}}\;g^{-\frac{1}{2}}\;10^{\circ}$$

$$= k\sqrt{l}\,\frac{1}{\sqrt{g}}$$

$$= K\sqrt{\frac{l}{g}}$$

இதில் இருந்து ஊசலின் அலைவு நேரம் குண்டின் நிறையைப் பொறுத்ததல்ல என்று அறிகிறோம். இனி, இதில் உள்ள மாறிலி Kயின் மதிப்பு நமக்குத் தெரியாது. செயல் முறைகளால் கண்டறிந்த மதிப்பு

$$K = \frac{1}{2\pi} \text{ எனவே}$$

$$t = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{l}{g}}$$

தனி ஊசலைப் பற்றிய நீண்ட நெடும் ஆராய்ச்சி ஒன்றை மேற்கொள்வதாகக் கற்பனை செய்யலாம். தனி ஊசலின் அலைவு நேரத்தைக் கருதுங்கால் குண்டின் நிறையைக் கருத வேண்டிய தேவையே யில்லை. எனவே நமது ஆராய்ச்சிப் புலத்தில் இருந்து நிறையை நீக்கி விடலாம். இதற்கு இப்பரிமானப் பகுப்பாய்வு மிகுந்த உதவி புரிகிறது.

7.5.2. பரிமானப் பகுப்பாய்வின் பயன்

பரிமானப் பகுப்பாய்வு, அறிவியலின் தெரியியல் (theory) துறையிலும், புரியியல் (practice) துறையிலும் கருவித் துறையிலும் பயன்படும் வகையாவது:

1. எளிமையான சமன்பாடுகளில் எல்லா வேறிகளையும் தெரிவிக்க வல்லது; எனினும் மாறிலிகளை அறிய வகை செய்யாது. எனவே அறியாத கோவைத் தொடர்புகளை முழுதாகத் தீர்மானிக்க இயலாது.

எடுத்துக்காட்டாகத் தனி ஊசலின் அலைவு நேரத்துக்கான சமன்பாட்டில் வரும் மாறிலி ($1/2\pi$ ஐ அறிய வகை செய்யாது. மேலும் m வேறிகளை n கணிசங்களைக் கொண்டு அளக்கும் போது, புலப்படாமல் போகும் வேறிகளின் எண்ணிக்கை (m−n). இவற்றை அறிய இது வகை செய்யாது.

2. அறிவியற் கொள்கைகளில் செயற்படும் புலத்தை வரையறுத்துக் கொள்ளப் பயன்படுத்தலாம்.

இதனால் நாம் பயன்படுத்த வேண்டியவை எவை என அறிந்து கொண்டு, நமக்குத் தேவையில்லாத புலங்களில் ஆராய்ச்சியைத் தவிர்க்கலாம்.

3. ஏனைய எளியமுறைகள் நேரடியாக வருவிக்க முடியாத புதிரை ஓரளவு தீர்க்க உதவும்.

4. சமன்பாடுகளையோ, தீர்பாடுகளையோ (solutions) எழுதும்போது விளையும் பிழைகளை, இதனால் எளிதில் கண்டு களைந்து விடலாம்.

5. அலகுகளை ஓர் அலகுத் திட்டத்தில் இருந்து பிறிதொன்றுக்கு மாற்றுவதற்கு நம்பகமாகக் கைக்கொள்ளலாம்.

6. அடிப்படை மாறிலி (fundamental constants) களுக்கு இடையிலான தொடர்பை இது எடுத்துரைக்கும்.

7. நமக்குத் தேவையான கோவைகளின் சிக்கலான புதிர்களில் உள்ள கணக்கற்ற வேறிகளை எவ்வாறு இணைத்துப் பயன்படுத்த வேண்டும் என்பதை இது சுட்டும். இந்தத் தொடர்பால் நீண்டுகொண்டே செல்லும் பல ஆராய்ச்சிகளை மிகவும் சுருக்கி எளிமைப்படுத்தி விடுகிறது.

இறுதியில் குறிப்பிட்ட இதுதான், இக்கால், பரிமானப் பகுப்பாய்வின் தலைசிறந்த நடைமுறைப் பயனாக விளங்குகிறது. வானூர்திகளையும், கப்பல்களையும் வடிவமைக்குங்கால் அவற்றுக்கான சிறு மாதிரிகளை, காற்றுள்ள அல்லது நீருள்ள குழாய்களுள் மிதக்கவிட்டு. அவற்றின் வடிவமைப்பு நுட்பத்தை அறிவதற்கு நமக்குத் தேவையான கணக்கீடு எவையெவை என்பதைப் பரிமானப்பகுப்பாய்வு காட்டிவிடும். இதனால் வேண்டாத நீண்ட ஆராய்ச்சிகளைத் தவிர்க்க இது உதவுகிறது.

7.5.3. பரிமானப் பகுப்பாய்வை உருவாக்கல்

பரிமானம் பாகுப்பாய்வை உருவாக்கும் வகையாவது;

(1) அடிப்படையான வரையறுப்புச் சமன்பாடு எது எனத் தீர்மானிக்க வேண்டும்.

(2) அளவீட்டுக்குப் பயன்படும் அலகுத் திட்டத்தைத் தேர்ந்துகொள்ள வேண்டும். இதனைக் கொண்டு பரிமான வாய்பாடுகளை எளிதாய் எழுதலாம். (அலகுத் திட்டம் என்பது அடிப்படை அலகுகளும் அவற்றால் வரையறுக்கப் பெறுகின்ற வருவித்த அலகுகளும் கொண்ட தொகுதியென அறிவோம்.)

(3) இந்த அலகுத்திட்டத்தை கொண்டு வரையறுக்கும் சமன்பாட்டை (அதில் பரிமான மாறிலி யிருந்தால் அதனுடன் கூட) எழுதிக் கொள்ள வேண்டும்.

(4) சமன்பாட்டில் உள்ள எல்லா வேறிகளையும் அஃதாவது கணிசங்களையும் பரிமானமாறிலிகளையும் தொகுக்கவேண்டும்.

(5) இந்த வேறிகளின் பரிமான வாய்பாடுகளை எழுதிக் கொள்ள வேண்டும்.

(6) இந்த வேறிகளின் பரிமானமில் தனியுறுப்புகளை உருவாக்கிக் கொள்ள வேண்டும். இவற்றின் கோவையைச் சுழிப்படுத்தி, நமக்குத் தேவையான வரிசையில் சரிசெய்து கொள்ள வேண்டும்.

இவற்றில் அறியாத படியெண்களை (exponents) எண்ணியல் முறையில் அறிந்து கொள்ளலாம்.

இந்தப் பரிமானப் பகுப்பாய்வு உருவாகத்தின் எளியதொரு வடிவத்தை ஊசற்சமன்பாடு (7.7.1.) உணர்த்தும்.

7.5.4. பரிமானப் பகுப்பாய்வும் அளவீடுகளும்

பரிமானப் பகுப்பாய்வில் முதன்மை அளவீடு என்றும் துணை அளவீடு என்றும் இரு அளவுகள் உள்ளன. படித்தர விசை, சுருள் துலை (spring balance)யில் விளைக்கும் நெகழ்ச்சி யுடன் ஒப்பிட்டு ஒரு விசையை அளப்பது 'முதன்மை அளவீடு' எனப்பெறும். அவ்வாறன்றி, நியூட்டனின் முதலாம் இயக்க நெறியில் இருந்து 'விசையென்பது நிறைத்தடவை முடுக்கம்' ($F=ma$) என வருவித்து அவ்விசையை அளக்கலாம். இது '**துணை அளவீடு**'.

இத்தகைய துணை அளவீடுகளில் பரிமான வாய்பாடுகள் பயன்பெறுகின்றன. அளவிடும் படித்தர அலகுகளின் எண் மதிப்பு மாறினால் அளக்கும் கணிசத்தின் எண்மதிப்பும் மாறும். ஆனால் அவை ஒரே வேறி (parameter)யால் அளக்கப்படும்வரை அவற்றின் பரிமானம் மாறாது.

இந்தப் பரிமானப் பகுப்பாய்வில் அளவீட்டின் எல்லாநிலைகளிலும் எல்லாத் துணைக் கணிசங்களும் ஒரேவகை அடிப்படையலகுகளால் தொடர்புற அளக்கப்படுகின்றன.

7.6. பரிமான வாய்பாடுகளின் உட்பொருள்

இதுவரை (7.2.3, 7.2.4; 7.3.3, 7.3.4-இல்) கண்ட மேற்கோள்களில் வரையறுப்புச் சமன்பாடு மாறுவதனால் ஒரே கணிசத்துக்கு உரிய பரிமானங்களும், பரிமான வாய்பாடுகளும், முற்றிலும் மாறிவிடுவதை அறிந்தோம். எனவே பரிமானம் பரிமான வாய்பாடு, பரிமானப் பகுப்பாய்வு என்பன யாவும் மாறாமல் நிலைத்துநிற்கும் புனிதப் பொருள் அல்ல; நமது நடைமுறைக்குத் தக்கவாறு எளிதில் நெகிழ்ந்து கொடுக்கும் ஓர் அமைப்பே என்பது புலப்படும். மேலும், பரிமானப் பகுப்பாய்வு ஒரு புலத்தை வரையறுக்கும்; வேறிகளைச் சுட்டும்; அலகுகளை மாற்றப் பயன்பெறும். எனினும் அதனையே முற்ற முடிந்த முடிபாகக் கொள்ள இயலாது; பரிமானமில் மாறிலிகளை தெரிவிக்கவும் அது வகைசெய்யாது.

7.6.1. பிரித்தானிய வல்லுனர்களின் கருத்து

இதற்கு மாறான கருத்தைப் பிரித்தானிய வல்லுநர்கள் கொண்டுள்ளனர் ; ''பரிமானங்கள் என்பன, நாம் கருதுவதைவிட மிகுந்த பொருள் பொதிந்தவை. பரிமான முறையின் மூலம் ஏதாவதொன்று புலப்படவில்லையானால் அது பரிமானத்தின் குறையல்ல; பரிமானத்தைப் பற்றி இதுவரை நாம் அறிந்திருக்கும் அளவின் குறைவே. சில கணிசங்களில் (மேற்கோளாக cgs-இன் மின்சாரக் கணிசங்களில்) படியெண்கள் (exponents) பின்னத்தில் வருவது, சில பரிமானங்களை நாம் நடப்புக்கு எடுத்துக் கொள்ளாமல் ஒடுக்குவதின் விளைவே மேலும் எல்லா நிகழ்முறைகளும்

1. எண்களைக் கொண்ட கணித முறைகள்
2. கணிசங்களைக் கொண்ட பரிமான முறைகள்

என இருவேறு கூறுகளாகக் கருதப்பட வேண்டும்.

பிரித்தானிய வல்லுநர்களின் இந்தக் கருத்துக்கு இடமளிக்காமல், பரிமானம் எப்படி உள்ளதோ அப்படியே அதனைக் கைக்கொள்வதும், கருதுவதும்தாம், நமது தேவையும், அது நமக்குப் பயன்படுமாறும் ஆம். இதற்கும் மேலாக, அதன்

'மெய்ப்பொருளை'க் காண வேண்டுமென்று கூறுவது தத்துவ இயலை நினைவூட்டுமேயன்றி வேறன்று.

தக்க பரிமானங்களை ஏற்றுக்கொள்ளும்போது ஏற்கனவே உள்ள சிக்கல்கள் குறைந்தால் அவற்றை மேற்கொள்ளத் தடையில்லை. நீளம், நிறை, நேரம் என்ற கணிசங்களை மட்டும் கொண்டு மின்சார இயலைக் கருதுங்கால், அதன் பரிமானங்களின் படியெண்கள், பின்னமாக அமைந்து சிக்கல் விளைத்தன, ஆயினும் பரிமானப்படியெண்கள் பின்னமாக அமைந்த நீண்ட நெடுங்காலக் குறை, மின்னோட்டச் செறிவு என்ற புதுக் கணிசத்தைக் கைக்கொண்ட mksA (அல்லது SI) அலகுத் திட்டத்தால் களையப்பட்டது.

7.6.2. பரிமான வாய்பாடும் கணிசத் தொடர்பும்

பரிமான வாய்பாடு, அது குறிக்கும் கணிசங்களின் தொடர்பைத் தெரிவிக்க வேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. எளிமையான சில அலகுகளின் கணிசத்தின் தொடர்பைத் தெரிவிக்கக் கூடும் என்பது உண்மையே. எனினும் எல்லா அலகுகளிலும் அங்ஙனம் தெரிவிக்க இயலாது; கதியின் பரிமானம் LT^{-1} என்றவுடன் நீளமும் நேரமும் என—கடந்த தொலைவை காலயிடை (time interval)யால் வகுக்க—கதியின் "பொருள்" புலப்படுகிறது; சரிதான். ஆனால் மின்கொண்மத்தை (capacitance)க் குறிக்கின்ற cgs பரிமானம் 'L'. எதனைத் தெளிவாகச் சுட்டுகிறது என்பது தெரியாது. இதனை, "ஒத்த வடிவுள்ள காப்பிடப்பட்ட கடத்திகளின் கொண்மம் அவற்றின் நீளத்துக்குத் தகவுடையது" என்பதைச் சுட்டுகிறது எனக் கருதலாம்; அவ்வளவே! எனினும் L என்ற பரிமானத்தைக் கண்டவுடன் அது கொண்மத்தைக் குறிக்கிறது எனக் கூற இயலாது. பருமத்துக்கும் நிலைப்புச் சுழலத்துக்கும் (statical moment) பரிமான வாய்பாடு L^3 தான். L^3 ஐக் கொண்டு அது நிலைப்புச் சுழலத்தைச் சுட்டுகிறது எனக் கூற இயலாதல்லவா!

இங்ஙனமே $L^{-1} MT^{-2}$ என்ற SI அல்லது cgs பரிமானத்தில் பொதிந்த மெய்ப்பொருள் என்ன என்று காண இயலாது. அது அழுத்தத்தைக் குறிக்கும் பரிமான வாய்பாடு,

$$[P] = L^{-1}MT^{-2}$$

என்ற ஒன்றைத் தவிர வேறு உட்பொருள் இருக்க இயலாது. மின்சார இயலின் cgs பரிமான வாய்பாடுகளை எடுத்துக்

கொண்டாலோ, அவற்றின் படியெண்கள் $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ எனப் பின்னங்ளாக வருவதற்கு உட்பொருளோ மெய்ப்பொருளோ கற்பிக்க வகையில்லை.

cgs-ல் நீளம், மின்கொண்மம், மின் நிலைமம் அல்லது தூண்டம் (inductance) யாவற்றுக்கும் பரிமானம் L தான். இதனால் இவை ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடைய கணிசங்கள் என்று கூற இயலாது.

எந்த அடிப்படை அலகுத் தொகுதியைக் கைக்கொண்டாலும், கோணம் என்ற கணிசம் மாறவே மாறாது. அதன் வெவ்வேறு அலகுகளும் (பாகை, நிமையம், வட்டப்பகுதி, ஆரயன்) அங்ஙனமே வேறுபட்ட அலகுகளால் மாறிவிடப் போவதில்லை.

எனவே பரிமான வாய்பாடுகளின் மெய்ப்பொருளைத் தேடுவதைக் கைவிட்டு அவற்றைக் கைப்பொருளாகக் கொள்ள வேண்டும் என்பது பிரிட்ஃமான், செடோவ் (L. I. Sedov) போன்ற மேதைகளின் கொள்கை. இது நிற்க.

பரிமான வாய்பாடும், ஏனைய கணக்கியல் அன்றி இயைபியல் வாய்பாடுகள் போலவே, இடப்புறமும், வலப்புறமும் சமபரிமானத்துடன் அமைய வேண்டும். எனினும் பரிமானங்கள் சமமாய் அமைந்த ஒன்றே அந்தச் சமன்பாடு சரியானது என்பதற்கான உரைகல் அன்று.

7.7. மீள் பார்வை

அடிப்படை அலகுகள், வருவித்த அலகுகள், பரிமானங்கள் ஆகியவற்றை உருவாக்குவதற்கான நெறிமுறைகளையும், ஒரு வகை அலகுத் திட்டத்தில் இருந்து வேறு அலகுத் திட்டத்துக்கு அலகுகளை மாற்றும் முறைகளையும் பற்றி அளவீட்டு அறிவியலில் இதுவரை கற்றறிந்த நெறிமுறைகளைச் சுருங்கத் தொகுத்துக் கொள்ளலாம்.

1. எந்தக் கணிசத்தையும் குறிப்பிட்ட கணிசத்தை அலகாகக் கொண்டு ஒப்பிடுவதே அளவீடு.

2. தொடர்புற்ற கணிசங்களின் சார்பிலா மதிப்பைத் தருவிக்க இயல்வதே சார்பிலா அளவீட்டுக்கும், அளவீட்டுக்கான அலகுகளை நிறுவுவதற்கும் ஆன தகுதியாகும்.

3. ஒவ்வொரு கணிசத்தின் அலகையும் ஒன்றுக்கொன், தொடர்பற்ற தனி அலகாகத் தேர்ந்துகொள்ளமுடியும். எனினும் நேரடி அளவீடுகள், மறைமுக அளவீடுகள் என்பன வெவ்வேறு கணிசங்களின் அலகுகளைத் தொடர்புபடுத்த வகைசெய்கின்றன.

4. ஒனறுக்கொன்று தொடர்புற்ற அலகுகளால் அலகுத் திட்டத்தை அமைக்கும்போது, மற்ற அலகுகளைச் சார்ந்திராமல் தனியானவையாக எடுத்துக் கொள்ளப்படும் சில கணிசங்களின் அலகுகள் அடிப்படை அலகுகள் எனப்பெறும்.*

5. கணிசங்கள் எல்லாவற்றின் அலகுகளும் அடிப்படை அலகுகளுடனோ அன்றி மற்ற மற்ற அலகுகளுடனோ வரையறுப்புச் சமன்பாட்டால் தொடர்புபடுத்தப்படுகின்றன.

6. நெறிகளிலும், வரையறைகளிலும் வரும் கணிசங்களின் குறியீடுகள் கணிசங்களைக் குறிப்பன அல்ல; மாறாகக் கணிசங்களின் எண்மதிப்பையும் அலகையும் குறிக்கின்றன.

(எ-டு) தனிவெப்பக் கொண்மை $c = 4190\ \mathrm{Jkg^{-1}\ K^{-1}}$

7. அடிப்படை அலகுகளுக்கும், வருவித்த அலகுகளுக்கும் இடைப்பட்ட தொடர்பைப் பரிமான வாய்பாடுகளால் தீர்மானிக்கலாம்.

8. வெவ்வேறு கணிசங்களின் தொடர்பைக் காட்டும் கோவையின் இடப்புறமும் வலப்புறமும் உள்ள பரிமானங்கள் சமச்சீராக அமையவேண்டும். அவ்வாறு அமையுங்கால், அவை பரிமான மாறிலிகளுடன்கூட அமையலாம். அடிப்படை அலகுகள் மாறினால் பரிமான மாறிலியின் எண்மதிப்பும் மாறும் என்பது வெளிப்படை.

9. அடிப்படை அலகுகளும், அவற்றிலிருந்து வருவித்த அலகுகளும் கூடி இயைவதே அலகுத் திட்டம் எனப்படும். அத்தகைய அலகுத் திட்டத்தை உருவாக்கும் வகையாவது :

* அளவிடும் துறையின் அலகுகள் அனைத்தும்
அடிப்படை அல(கு)அன்றித் தற்சார் பலகு
வருவித்த அல(கு)அன்றி மற்சார் பல(கு) என
இருவகைப் பெரும்பிரி வுக்குள் அடக்கம் (1)

அலகெலாம் தன்னால் அளவிடச் செய்து ஓர்
அலகால் தான்,அள விடப்பட இயலா
அலகே அடிப்படை அலகுமற் றெல்லாம்
வருவித்த அலகின் வழியின தாமே !

(1) அடிப்படைக் கணிசங்களையும், அவற்றுக்கான அலகுகளையும் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

(2) அடிப்படை அலகின் பரிமானத்தைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

(3) ஒவ்வொரு வருவித்த அலகுக்கும் ஆன வரையறுப்புச் சமன்பாட்டைத் தேர்ந்துகொள்ள வேண்டும்.

(4) வரையறுப்புச் சமன்பாட்டில் உள்ள தகவுக் கூற்றெண்ணின் எண்மதிப்பை 1 ஆக ஆக்கவேண்டும். (இல்லையெனில் ஏதாவது ஒரு மாறாத மதிப்பாகக் கைக்கொள்ளலாம். அஃதாவது, பரிமாண மில் மாறிலியாகக் கைக்கொள்ள வேண்டும்.)

10. அடிப்படை அலகுகளின் எண்ணிக்கை, அவற்றின் பரிமானம். வரையறுப்புச் சமன்பாடுகள் யாவற்றையும் மனம் போன போக்கில் கைக்கொண்டு எப்படியும் ஓர் அலகுத் திட்டத்தை உருவாக்கலாம். எனினும் நமது பயன்பாட்டுக்குத் தக்கவாறு, அவற்றை ஒரு வரம்புக்கு உட்படுத்துகிறோம்.

11. அடிப்படையலகுகளின் எண்ணிக்கை மிகமிக, நெறியீடுகளுக்கான கோவைகளில் வரும் பரிமான மாறிலிகளின் எண்ணிக்கையும் மிகும்.

12. வரையறுப்புச் சமன்பாடு மாறுவதால், அதே கணிசங்களால் வருவிக்கப்படும் புதுக் கணிசத்தின் பரிமானம் வேறுபடக் கூடும். அஃதாவது, அளவுத்திட்ட முறையின் அமைப்புக்குத் தக்கவாறு பரிமானமும் அமையும்; அதுவும் மாறக்கூடியதே.

13. பரிமானத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு திட்டத்தில் இருந்து மறுதிட்டத்துக்கு அலகுகளை மாற்றும்போது, அத்திட்டங்களின் அடிப்படையலகுகள் ஒப்பிடப் பெற்றுத் தொடர்புபடுத்தப்பட வேண்டும்.

(1) ஒரே வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளையும், ஒரே அடிப்படைக் கணிசங்களையும் கொண்டுள்ள இரு திட்டங்களில், அலகுகளின் மூலமுன்மாதிரி அன்றி படித்தரத்தை ஒப்பிட்டோ அன்றி அலகுகளுக்கான சமனத் தொடர்பை வரையறுத்தோ அறியலாம்.

(2) ஒரே வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும், வேறான அடிப் படைக் கணிசங்களும் கொண்ட திட்டங்களில், ஒரு

திட்டத்தில் வருவித்ததாகவும் உள்ள கணிசங்களுக்கான அலகுகளின் சமானத்தை செய்முறைமூலம் கணித்துத் தொடர்புபடுத்த வேண்டும்.

(3) வெவ்வேறான வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும், வெவ்வேறான அடிப்படைக் கணிசங்களும்கொண்ட இரு திட்டங்களில், பரிமானமாறிலி இல்லாத திட்டத்தில், அடுத்த திட்டத்தின் பரிமானமாறிலியின் பரிமானம் என்ன என்பதை அறிந்துகொள்ள வேண்டும். பின்னர், செய்முறையின்மூலம் அதன் மதிப்பை அடிப்படையலகுகளில் அறியவேண்டும். அதன்பின்னர், பரிமான வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, அதன் பரிமானத்தை மறுதிட்டத்தின் அடிப்படையலகுகளில் கணக்கிட வேண்டும்.

14. அலகுமாற்றம் தேவையாகும்போது, மாற்றக் கூற்றெண்களை 1-க்குச் சமப்படுத்தல் எளிமை பயக்கும்.

15. அடிப்படைக் கணிசங்களையும் அலகுகளையும் எப்படியும் கொள்ளலாம் என்றாலும்கூட, 3 முதல் 7 வரையிலான அடிப்படைக் கணிங்களே மிகுந்த நடைமுறைப் பயன் நல்குவன.

8. மூன்றே மூன்று அலகுடன்

வடிவியல் மற்றும் விசையியற் கணிசங்களுக்கான அலகுகள்

''நீளம், நேரம், நிறை என்ற மூன்றே மூன்று கணிசங்களின் அலகுகளை அடிப்படையாகக்கொண்ட ஒரு திட்டமே சார்பிலா அலகுத்திட்டமாக விளங்கும். இந்த மூன்றைக் கொண்டே அனைத்தும் அளக்கப் பெறவேண்டும்.''

K. F. கௌசு, *(Gouss)*

அறிவியற் கணிசங்களைக் கருதப்போகும் நாம், இனி, பதின முறை (decimal system) யின் வேறுபட்ட அலகுத் திட்டங்களை மட்டுமே கருதப்போகிறோம். அஃதாவது, உலகில் மிகுந்து வழங்கிவந்த இருமுறைகளில் ஒன்றான பிரித்தானிய முறையைக் கருத்தில் கொள்வதால் அறிவியலுக்கு எத்தகைய பெரும்பயனும் விளைந்துவிடப் போவதில்லை. இனிமேல், பிரித்தானிய முறையைப் பதினமுறையாக மாற்றும் அலகு மாற்றத்துக்கு மட்டுமே இரு முறைகளும் குறிக்கப்பெறும்.

பதினமுறையில் மிகுந்து வழக்கில் இருந்து வருபவை :

1. தற்போது அறிவியல் வழக்கில் உள்ள (cgs) அலகுத் திட்டம்;
2. கம்மிய இயலில் (engineering) பயன்படும் mk விசை and mk (forces) அலகுத்திட்டம்.
3. mks அலகுத் திட்டத்தின் திருந்திய பொருந்திய வடிவமான SI அலகுத்திட்டம்.

மூன்றாவதாகக் குறித்த இத்திட்டமே இனி எல்லாத்துறையிலும் மேற்கொள்ளப் பெறுவதற்குரிய அனைத்து நாட்டு அலகுத்திட்டம்.

விசையியற் கணிசங்களுக்கு இந்தத் திட்டங்களின் மூன்றே மூன்று அடிப்படை அலகுகள் மட்டுமே போதுமானவை.

கணிசம்	அடிப்படை அலகு			பரிமா ணம்
	cgs	mk (force)s	SI	
நீளம் l	செண்டி மீட்டர் cm	மீட்டர் m	மீட்டர் m	L
காலயிடை t	நொடி s	நொடி s	நொடி s	T
நிறை m	கிராம் g	—	கிலோ கிராம் kg	M
விசை F	—	கிலோகிராம் விசை kgf	—	F

SI-இலும் cgs-இலும் நீளம், நேரம், நிறை என்பனவே அடிப்படைக் கணிசங்கள். ஆனால் mk(force)s—என்ற மீட்டர்-கிலோகிராம்விசை-நொடி அலகுத்திட்டமான விசையலகுத் திட்டத்தில் நிறைக்குப் பதிலாக விசை அடிப்படைக் கணிசம் ஆக விளங்குகிறது. இந்த mkgfs திட்டத்தில் நிறை ஒரு வருவித்த அலகு.

F = ma. எனவே

நிறை $m = \frac{F}{a}$

இயல் F என்பது விசை ; a என்பது முடுக்கம்.

இந்த மூன்று அடிப்படைக் கணிசங்களில் முதலாவதான நீளம் மட்டுமே பயன்படும் கணிசங்களை முதலில் காணலாம்.

8.1. நீளம் மட்டுமே

(வடிவியல் அலகுகள்)

நீளக்கணிசம் மட்டுமே பயன்படும் அளவுகள் வடிவியல் (geometry) அளவுகள் ஆகும். நுண்ணிய அலைநீளங்களை அளப்பதில் இருந்து அண்ட இடைத் தொலைவுகளை அளப்பது வரையிலும் ; எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (electron microscope) பாரித்துக் காட்டும் நுண்பரப்புகளில் இருந்து மாபெரும் பரப்புகள்வரையிலும் ; அங்ஙனமே பருமத்திலும் நீளத்தின் அலகுகள் பயன்படுகின்றன.

8.11. ஒரேயொரு நீளம் மட்டுமே,

தொலைவுகளை அளப்பது நீளக் கணிசத்தின் பாற்பட்டது: SI-இல், நீளத்தின் அடிப்படை அலகான **மீட்டர்**-உடன். **மில்லி**, **மைக்ரோ**, **கிலோ** போன்ற தக்க எண்மான முன்னொட்டுகளை இணைத்து, SI பின்வரு நீள அலகுகள் பலவற்றை உருவாக்கிக் கொள்ளலாம்.

cgs அலகுத்திட்டத்தில் **மைக்ரோமீட்டர்**, **மைக்ரான்** ($=10^{-6}$m) என μ என்ற குறியீட்டுடன் வழங்கப்பட்டது. SI அலகில் 10^{-6} m **மைக்ரோ மீட்டர்** (μm) என்றுதான் வழங்கப் படவேண்டும். 10^{-9}m-ஐ முன்னர் **மில்லிமைக்ரான்** என்ற இரு முன்னொட்டுகளுடன் குறித்தனர். 'நேனோ' என்ற புது முன் னொட்டு புகுத்தப் பட்டுள்ளதால் 10^{-9} மீட்டர் நேனோமீட்டர் (nm) எனத்தான் SI.இல் வழங்கப்படவேண்டும். மைக்ரான், மில்லிமைக்ரான் என்பனவற்றுக்கு SI-இல் இடம் கிடையாது.

பதின்முறைத் திட்டமில் அலகுகள்: 1. **ஆங்ஸ்ட்ராம்*** (angstrom— Å). ஒளி அலை நீளங்களையும், மூலக்கூற்றிடைத் தொலைவுகளையும் குறிக்க 10^{-10} மீட்டர் மதிப்புள்ள **ஆங்ஸ்ட் ராம்** என்ற அலகு பயன்பட்டு வந்தது.

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m} = 10 \text{ nm}$$
$$= 10^{-4}\ \mu\text{m} = 40^{-7} \text{ mm} = 10^{-8} \text{ cm}$$

SI - வழக்கில் ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு கிடையாது. அதற்குப் பதிலாக **நேனோ மீட்டர்**-ஐப் பயன்படுத்தலாம். இதன்வழியில் சோடியம் (sodium) ஒற்றை அலைநீள ஒளியின் அலைநீளம் 589.3 nm = (589.3 × 10^{-9} m) என்று குறிக்கலாம். 5893 Å என்பது வழக்கிழந்தது.

2. **ரௌலண்ட்** (rowland); அலைநீள அலகான ரௌலண்ட் 1887 முதல் 1907 வரை பெரிதும் பயன்பட்டு வந்தது.

$$1 \text{ ரௌலண்ட்} = 0.1 \text{ nm } (= 10^{-10} \text{ m})$$

3. **x—அலகு** (X - unit - XU) : x-கதிர் அலை-நிரலிலும், (x-ray spectroscopy), x-கதிர் பகுக்கப் பகுப்பாய்விலும் (x-ray diffraction analysis) அளவீட்டிக்கு ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகைவிட

* இந்த அலகுக்கு A. J. ஆங்ஸ்ட்ராம் (1814-1874) என்ற ஸ்கேண்டி நேவிய அறிஞரின் பெயரை, சூரிய ஆராய்ச்சிக்கான அனைத்துநாட்டு ஒன்றியம் (IUSR) 1907 இல் பரிந்துரைத்தது.

நுண்ணிய அலகு தேவையாய் இருந்தது. எனவே ஆங்ஸ்ட்ராம்-இல் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்காக X-அலகு என்ற ஒரு புது அலகு கைக்கொள்ளப்பட்டது.

$$1 \text{ X-அலகு} = 10^{-3}\ \mathring{A} = 10^{-13}\ m = 10^{-11}\ cm$$

அஃதாவது, X-அலகு = மில்லி ஆங்ஸ்ட்ராம்

இந்தப் புது அலகால் X-கதிர் அலை நீளங்கள் அளக்கப்பட்டு வந்தன. X - கதிர் அலைநிரலில், மிகு, நுட்ப அளவீட்டுக்குப் பயன்பெறும் இந்த X-அலகு, மில்லி ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுக்குச் சமமாக இல்லை என்பது பின்னர் தெரியவந்தது. எனவே X-அலகை மீண்டும் மில்லி ஆங்ஸ்ட்ராம்-ஆக வரையறுப்பதால் பல நடைமுறைச் சிக்கல்கள் எழும் என்பதை உணர்ந்து X அலகைத் தனி அலகாகக் கொண்டனர்.

$$1\text{X} - \text{அலகு} = 1.002\,06 \times 10^{-3}\ A^{\circ} = 1.002\,06 \times 10^{-13}\text{m}$$
$$= 100.206 \times 10^{-15}\text{m} = 100.206\ \text{fm}$$

SI-இல் X—கதிர் அலை நிரல்கள் பெம்ட்டோமீட்டரில் அளக்கப் படவேண்டும்.

பிற திட்டமில் அலகுகள்: நீள அலகுகள், நாட்டுக்கு நாடு-ஏன் மாவட்டத்துக்கு மாவட்டம் கூட, வேறுபட்டு பல்வேறு வகையாக உலகெங்கும் பயன்பட்டு வந்தன—வருகின்றன. அவற்றைத் தொகுத்து அளிப்பதால் விளையும் பயன் ஒன்று மில்லை. எனினும் அறிவியலில் பயன்பட்டுவரும் சில திட்டமில் அலகுகளைக் குறித்தல் இன்றியமையாததே!

பிரித்தானிய நீள அலகான அடி, அங்குலம் போன்றவை உலகில் பல நாடுகளில் தொடர்ந்து வழங்கி வந்தன; அமெரிக்காவிலும் கனடாவிலும் தற்போதும் வழங்கிவருகின்றன.

அச்சிட்ட மின்சுற்றுகள் (printed circuits), மின்னியற் கருவிகள், வானூர்தி வடிவமைப்புக் கணக்கீடுகள் யாவும் இந்தப் பிரித்தானிய முறையிலேயே இருந்து வருகின்றன. எனவே இந்த நீள அலகுகளை அறிந்து கொள்ளவேண்டும்:

1000 மில் (mil)	=1 அங்குலம் (விரற்கடை)	22 கஜம்	=1செயின் (தொடரி)
12 அங்குலம்	=1 அடி	10 செயின்	=1பர்லாங்கு (படைசால்)
3 அடி	=1 கஜம்	8 பர்லாங்கு	=1மைல் (கல்)

$$1 \text{ அங்குலம்} = 0.025\,4\text{m} (= 2.54 \text{ cm}) = 25.4 \text{ mm}$$
$$1 \text{ அடி} = 0.304\,8\text{m}$$
$$1 \text{ கஜம்} = 0.914\,4\text{m}$$
$$1 \text{ பர்லாங்} = 201.168\text{m}$$
$$1 \text{ மைல்} = 1609.344\text{m} = 1.609\,344\text{km}$$

ஏனைய அலகு மதிப்புகளை அலகு மாற்றப் பட்டியலில் (14.9.1) காண்க.

அலகுச் சமான மதிப்பை அறிதல்

$$1 \text{ அடி} = 0.304\,8\text{m}$$

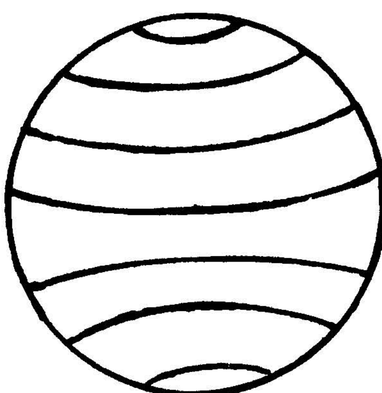
$$1 = \frac{0.304\,8\text{m}}{1 \text{ அடி}} = \frac{1 \text{ அடி}}{0.3048 \text{ m}}$$

இங்ஙனமே,

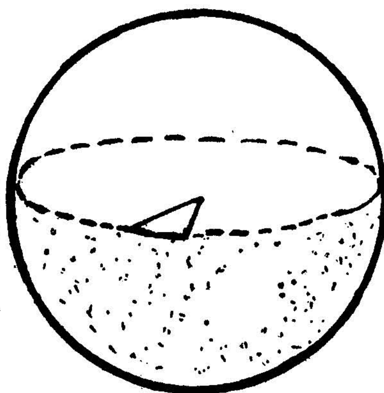
$$1 = \frac{0.304\,8\text{m}}{1 \text{ அடி}} = \frac{1 \text{ அடி}}{0.304\,8\text{m}} = \frac{1 \text{ கஜம்}}{0.914\,4\text{m}} = \frac{0.914\,4\text{m}}{1 \text{ கஜம்}}$$

$$= \frac{1 \text{ மைல்}}{1.609 \text{ km}} = \frac{1.609 \text{ km}}{1 \text{ மைல்}} = \frac{1 \text{ அங்குலம்}}{2.54 \text{ cm}} = \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ அங்குலம்}}$$

நாவாய்மைல் (nautical mile*): நாவாய்த்துறையில் (navigation), 'பன்னாட்டு நாவாய்மைல்' என்ற ஒரு நீள அலகு பயன்பட்டு வந்தது.



படம் 33. பூமிக் குறுக்கு வட்டம்



படம் 34. நாவாய் மைல்

* தமிழ். நாவாய் → navy—nautical

நிலவுருண்டையின் ஏதாவது ஒரு குறுக்குத் தளத்தின் மையத்தில் 1 கோண நிமையத்தை (அஃதாவது 1 பாகையில் 60 இல் ஒரு பாகம்)த் தாங்கும் குறுக்குத் தளப்பரிதியின் நீளம் ஒரு 'நாவாய்மைல்' என வரையறுக்கப்பட்டது. நிலநடுத் தளத்தில் இருந்து இருமருங்கும் செல்லச்செல்ல இந்த நாவாய் மைல்-இன் மதிப்பு குறைந்துகொண்டே வரும். எனவே மாறாத அலகாக

1 பன்னாட்டு நாவாய்மைல் = 1.150 78 மைல் = 1852m எனத் திட்டப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

1 UK நாவாய் மைல் = 6000 அடி

1 US கரை-அளவை மைல் (coast survey mile) = 6080.27 அடி

1 தொலைவரி நாவாய் மைல் = 6087 அடி telegraph nautical mile

பன்னாட்டு நாவாய் மைல்—இல் பத்தில் ஒரு பங்கு (= 185.2m) கேபிள் அல்லது கேபிள்* நீளம் (cable length) என வழங்கப் பெறுகிறது.

வானியலில் பயன்படும் நீளத்தின் சிறப்பலகுகள்

பார்செக்(parsec): ஒரு கோணநொடியில் (angular second*) எந்தத் தொலைவிலிருந்து பூமிச் சுற்றுப் பாதையின் அரை விட்டம் தென்படுகிறதோ அந்தத் தொலைவு ஒரு பார்செக் எனப்படும்.

1 பார்செக் = 30.84×10^{15}m

கிலோபார்செக், மெகாபார்செக் என்ற அலகுகளும் இத்துடன் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

வானியல் நீள அலகு (astronomical unit of length—AU) என்பது சூரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடைப்பட்ட சராசரித் தொலைவு ஆகும்.

1 AU = $149.599\,3 \times 10^{9}$m = 149.599 3Gm = 0.149 599 3Tm

* Cable என்பது 'கம்பிவடம்' எனத் 'தமிழாக்கப் பட்டுள்ளது. வடம் என்றே கூறலாம்

* 'angular second' - ஐ தமிழில் கோணொடி என்ற ஒரே சொல்லால் குறிக்கலாம்.

ஒளியாண்டு (light year) என ஒரு "நீள அலகும்" உள்ளது. அஃதாவது, ஓர் ஆண்டுக் காலத்தில் ஒளி எவ்வளவு தொலைவு செல்லுமோ, அவ்வளவு தொலைவு ஓர் ஒளியாண்டு நீளம் ஆகும்.

ஒளியின் சராசரிக் கதி $= 2.997925 \times 10^8 m\ s^{-1}$

ஓர் ஆண்டில் உள்ள நொடிகள் $= 365 \times 24 \times 60 \times 60$ எனவே.

ஓர் ஒளியாண்டு $= 9.4605 \times 10^{15} m$

8.1.2. நீளத்துடன் நீளம் (பரப்பு)

நீளத்தை நீளத்தால் பெருக்கும்போது பரப்பு உருவாகிறது. எல்லா அலகுத் திட்டங்களிலும் ஓரலகுப் பரப்பு என்பது ஓரலகுப் பக்கம் உள்ள சதுரத்தின் பரப்பு எனவே வரையறுக்கப்பட்டு வழங்கி வருகிறது.

$A = l \times l = l^2$; பரிமான வாய்பாட்டில் $[A] = L^2$

SI-இலும், விசைத்திட்டத்திலும் பரப்பின் அலகு சதுர மீட்டர் (m^2)* ஆகும். cgs-இல் 'சதுர சென்டிமீட்டர்'

$1 m^2 = 10^4 cm^2$

பெரிய பரப்புகளைக் கருதும் பொழுது சதுரக் கிலோமீட்டர் ...ஐக் கைக்கொள்வர்

$1 Km^2 = 10^6 m^2$

அங்ஙனமே நுண்ணிய பரப்பு

$1 mm^2 = 10^{-6} m^2$

பரப்புக்கான பதின்முறைத் திட்டமில் அலகுகள் பதின எண்மான முன்னொட்டுடன் கூடிய ஏனைய திட்டமில் பரப்பு அலகுகள் ஆவன:

$1 dm^2 = 10^{-2} m^2$; $1 cm^2 = 10^{-4} m^2$

1 ஹெக்டேர் $= 10^2$ ஏர் (a) $= 10^4 m^2 = 10^{-2} Km^2$

பரப்புக்கான ஏனைய திட்டமில் அலகுகள்

பிரித்தானிய முறையில் நிலப்பரப்பைக் குறிக்கும் ஓர் அலகு ஏக்கர் (acre). ஒரு நாளில் ஓர் (ac+are) உழக்கூடிய பரப்பு ஓர்

*சதுர, கன என்ற முன்னொட்டுகளைத் தவிர்த்து, m^2, m^3 (மீட்டரின் இருபடி, மீட்டரின் முப்படி) எனக் கூறுவது உகந்தது.

ஏக்கர் என முதலில் வரையறுக்கப்பட்டது. இது, தமிழ் நாட்டில் **'குறுக்கம்'** என்ற பெயரால் வழங்கப்படுகிறது.

$$1 \text{ ஏக்கர்} = 4840 \text{ சதுரகஜம்} = 43\,560 \text{ சதுர அடி}$$
$$= 1.118 \times 10^{-3} \text{ சதுர மைல்}$$

$$1 \text{ ஏக்கர்} = 0.004\,046\,86\ \mathrm{Km}^2 = 4046.86\mathrm{m}^2$$
$$= 40.4686 \text{ ஏர்} = 0.404\,686 \text{ ஹெக்டேர்}$$

சிற்றளவு நீளத்துக்கான பிரித்தானிய அலகுகள் ஒன்று 'அங் குலம்' (விரற்கடை)

$1 \text{ அங்குலம்}^2 = 6.4516\ \mathrm{cm}^2$ $\quad$ $1 \text{ கஜம்}^2 = 08361\mathrm{m}^2$

$1 \text{ அடி}^2 = 0.09290\ \mathrm{m}^2$ $\quad$ $1 \text{ மைல்}^2 = 2.590\ \mathrm{Km}^2$

அங்குலத்தில் (inch) ஆயிரத்தில் (mille) ஒரு பாக நீளம் **மில்** (mil) என வழங்கப்பட்டது. **மில்^{2}=1 வட்டமில்.** இவையாவற்றையும் பரப்புக்கான அலகு மாற்றப்பட்டியலில் (14.9.2) கண்டு கொள்ளலாம்.

8.1.3 மூன்றாவதாய் ஒரு நீளம்

நீளத்துடன் நீளம் இணைந்து பரப்பு உண்டாகியது. பரப்புடன் மேலும் ஒரு நீளத்தை நிறுத்தினால் பருமம் உருவாகும். பருமமும், பரப்பை ஒப்பவே வரையறுக்கப்படுகிறது: எல்லாத் திட்டங்களிலும் நீளம், அகலம், உயரம் (அல்லது ஆழம், அல்லது கனம்) ஓரலகாக உள்ள ஒரு கனச் சதுரத்தின் பருமம் (volume) பருமத்தின் அலகாகக் கொள்ளப்படுகிறது. திண்பொருள் போன்றவற்றைக் குறிக்கும்போது **பருமம்** (volume) என்ற சொல்லையும், கொள்ளளவைக் குறிக்கும்போது **கொண்மை*** (capacity) என்ற சொல்லையும் கையாளலாம்.

$$V = l \times l \times l = l^3$$

எனவே இதன் பரிமானம் $[V] = L^3$

S1-இலும் விசைத்திட்டத்திலும் பருமத்தின் அலகு 1 மீட்டர்^{6} ($1\mathrm{m}^3$) $\mathrm{V} = 1\mathrm{m} \times 1\mathrm{m} \times 1\mathrm{m} = 1\mathrm{m}^3$

* கொள்ளும் திறன், ஏற்கும் திறன், தேக்குதிறன் போன்ற இரு சொல்லமைப்புகளையும் power, efficiency போன்றவற்றையும் வேறுபடுத்த கொள்+மை = கொண்மை என்ற சொல்லைக் கொள்வதே பொருத்தமாக அமையும் (காண்க: 12.1.45.)

cgs–இல் நீளத்தின் அலகு சென்டிமீட்டர் எனவே,

$V = 1$ cm $\times$ 1 cm $\times$ 1 cm $=$ 1 cm^3 $= [1 \times 10^{-6}$ m^3 cgs-இல் பருமத்தின் அலகு கனசென்டிமீட்டர் (cm^3 அல்லது cc)

ஏனைய பதினமுறைத் திட்டமில் அலகுகளுள் 1dm^3 மிகுதியாய்ப் பயன்படுகிறது.

1 dm^3 $= 10^{-3}$ m^3 $= 10^3$cm^3 (= 1 லிட்டர்)

பிற திட்டமில் அலகுகளுக்கான சமானம்:

$$\begin{aligned}
1 \text{ அங்குலம்}^3 &= 1,638\ 7064 \times 10^{-5}\text{m}^3 \\
&= 1.638\ 7064 \times 10^{-2}\text{dm}^3 \\
&= 16.387\ 064 \text{ cm}^3 \\
1 \text{ அடி}^3 &= 0.028\ 3168 \text{ m}^3 = 28.3168 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\
&= 28\ 316.\ 8\text{cm}^3
\end{aligned}$$

லிட்டர் (litre-li): கொண்மை (capacity)யின் அலகாக எங்கும் பயன்படுவது லிட்டர் (li) நீளத்தின் அடிப்படையலகில் 10 இல் 1 பாகமான டெசிமீட்டரை நீள, அகல ஆழம் ஆகக் கொண்ட பரும அளவு உள்ள உச்ச அடர்த்தித் தூய நீரின் நிறை 1 கிலோ கிராம் எனக்கொள்ளப்பட்டது. நிறையை வரையறுக்கும் பரும அளவு, லிட்டர் (litre→litre) என நிறையைக் குறித்த சொல்லால் வழங்கப்பட்டது. (காண்க 2.1.9)

தொடக்கத்தில் 1 dm^3 = 1 லிட்டர் என வரையறுக்கப்பட்டது. அஃதாவது 1000 cm^3 = 1 லிட்டர். பின்னர் 1901 இல் "இயல் நிலவளியழுத்தத்தில் ஒரு கிலோகிராம் உச்ச அடர்த்தி நீர் அடைக்கும் பருமம் ஒரு லிட்டர்" எனப்பட்டது. கிலோகிரோம் அளவை நிறுவியதில் நுட்பமான வேறுபாடு இருந்ததால் 1000 cm^3 உச்ச அடர்த்தி நீர் ஒரு கிலோகிராம் ஆக இருக்கவில்லை. எனவே 1960 இல்

$$1 \text{ லிட்டர்} = 1000.028 \pm 0,002\text{cm}^3$$

என வரையறுக்கப்பட்டது. இதனால் கொண்மையளவில் ஒருங்கியன்மை இல்லாமல் போயிற்று. இதனை அறிந்து 1964 ல் பழைய லிட்டரை மீண்டும் பழைய மொந்தையிலேயே விட்டு,

$$1 \text{ லிட்டர்} = 1 \text{ dm}^3 = 1000\text{cm}^3$$

என நிறுவப்பட்டது.

இந்த லிட்டரின் 1000-ல் ஒரு பங்கு மில்லி லிட்டர் என வழங்கப்பெறும். 'மில்லி' என்ற வெற்று முன்னோட்டே. தற்போது கொண்மையின் அலகான மில்லி லிட்டருக்கு எண்ண ளவை ஆகுபெயராக நம் நாட்டில் ஆகிவிட்டதை அனைவரும் அறிவோம்.

பிற திட்டமில் அலகுகள்; கேலன் (gallon), மினிம் (minim), பாய்ம டிரக்கான் போன்ற எண்ணற்ற திட்டமில் அலகுகள் நடைமுறையில் இருந்துவருகின்றன.

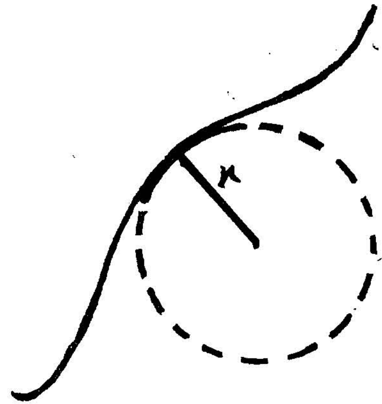
1 மினிம் = 0.059 194 cm^3 = 0.003 6122 அங்குலம்.
1 UK கேலன் = 0.004 546.09 m^3 = 4.546 09 லிட்டர்
1 US கேலன் = 0.002 785 41m^3 = 3.785 41 லிட்டர்

8.1.4. நீள அலகால் ஆன கணிசங்கள்

8.1.4. (1) வளைவியம் (curvature): ஒரு வளைகோட்டின் ஒவ்வொரு நுண்பகுதியையும், தனித்தனி வட்டப் பரிதியின் பகுதியாகக் கருதலாம். அத்தகைய வட்டத்தின் வளைவாரம் (அஃதாவது ஆரம்) r எனில், அப்பகுதியின் வளைவியம்

$$\rho(\text{ரோ}) = \frac{1}{r}$$

எல்லா நுண்பகுதிகளின் வளைவாரங்களும் சமமாக ஒரே புள்ளியை நோக்குங்கால் வளைகோடு வட்டமாக விளங்குகிறது. எனவே, வளைகோட்டின் ஒரு புள்ளியில் ஆன வளைவியம் என்பது, அப்புள்ளியில் ஆன வளைவாரத்தின் தலைகீழ் மதிப்பே ஆகும். வளைகோட்டின் வளைவாரம் ஓரலகு நீளம் உள்ள போது ஆன வளைவியம் அதன் அலகாக வரையறுக்கப்படுகிறது. எனவே,

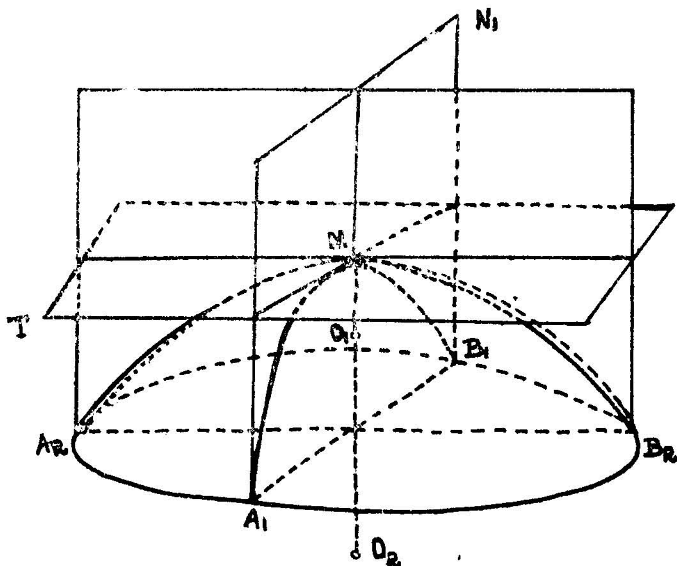


படம் 35. கோட்டின் வளைவியம்

$$<\rho> = m^{-1}$$

(2) தளத்தின் வளைவியம்: பந்து அல்லது முட்டை போன்ற ஒரு திண்மத்தினுடைய தளப்பரப்பின் வளைவாரம் என்பதைச் சற்றுக் கருதலாம். கோட்டின் வளைவியம் (ஈரச்சுத்

தளத்தில்) $\rho = (1/r)$. சீரான கோளத் தளப்பரப்பு $(4\pi r^2)$ மேலும் ஓர் அச்சுத் தளத்தை உடையதால், அதன் வளைவியம்



படம் 36. தளத்தின் வளைவியம்

$$\rho = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{2}{r}$$

என ஆகும். நீள்கோள வடிவில் உள்ள மூவார உருக்களின் பரப்புகள் இரண்டு ஆரங்களால் (r_1, r_2) அமைவதால் அவற்றின் வளைவியம்.

$$\rho = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

என ஆகும்.

இதனை இலக்கணப் பகுப்பாக ஆயலாம்: வளைபரப்பின் ஏதாவது ஒரு புள்ளியில் (M) ஆன தொடுகோட்டுக்குச் செங்குத்தாக அமையுமாறு இரு தளங்கள் வரையப்பட்டால், இந்தத் தளங்கள் வளைபரப்பை வெட்டும்போது A_1MB_1, A_2MB_2 என்ற இரு வளைகோடுகள் கிடைக்கின்றன. இவற்றின் ஆரங்கள் முறையே,

$$r_1 = O_1M; \quad r_2 = O_2M$$

அவற்றின் வளைவியங்கள்

$$\rho_1 = \frac{1}{r_1}; \quad \rho_2 = \frac{1}{r_2}$$

இந்த வெட்டுத் தளங்களை எப்படி வரைந்தாலும் $\rho_1\rho_2$-ன் கூடுகை மாறாது.

$$\rho = \rho_1 + \rho_2 = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

இந்த மாறாத கூடுகை P, இல் பாதி பரப்பின் அப்புள்ளியில் ஆன நடுமதிப்பு வளைவியம் P^1 என அழைக்கப்படுகிறது.

$$\rho^1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

எனவே கோளத்துக்கான நடுமதிப்பு வளைவியம்

$$\rho = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{2}{r} \quad \text{அல்லது} \quad \rho^1 = \frac{1}{r}$$

(3) கௌசிய வளைவியம் (Gaussian curvature): இந்த நடுமதிப்பு வளைவியம் தவிர இன்னொரு வளைவியமும் உள்ளது. அதுதான் கௌசிய வளைவியம் (K-கப்பா).

$$K = \frac{1}{r_1 r_2}$$

கோளத்துக்கான கௌசிய வளைவியம்

$$K = \frac{1}{r \times r} = \frac{1}{r^2}$$

என்பது வெளிப்படை

நடுமதிப்பு வளைவியமும், கௌசிய வளைவியமும் நீள அலகின் தலைகீழ் மதிப்பால் அளக்கப் பெறுகின்றன. எனவே அவற்றின் பரிமானங்கள் முறையே

$$[\rho] = L^{-1}; \quad [K] = L^{-2}$$

8.1.4. (3) K-கப்பா என்ற கிரேக்கவரியனை, நமது மாறிலி K-யுடன் தொடர்புபடுத்தக்கூடாது.

வளைவியத்தின் அலகு: வளைவியத்தின் பரிமானம் பரிந்துரைப்பதைக் கொண்டு, வளைவியத்தின் அலகைத் தலைகீழ் மீட்டர் (inverse metre—m^{-1}) என SI-இலும் mkgfs-விசைத் திட்டத்திலும் குறிக்கலாம். அஃதாவது வளைவாரம் ஒரு மீட்டர் உள்ள வளைவின் வளைவியம் தலைகீழ்மீட்டர் (m^{-1}) எனப்பெறும். இங்ஙனமே, cgs முறையில் வளைவியத்தின் அலகு, தலைகீழ் செண்டிமீட்டர் (cm^{-1}).

ஒரு பரப்பின் நடுமதிப்பு வளைவியத்தின் அலகுகளும் 'தலைகீழ் மீட்டர்', 'தலைகீழ் செண்டிமீட்டர்' என்பனவே. SI-இலும் mk-விசைத்திட்டத்திலும் இரண்டு மீட்டர் ஆரம் உள்ள கோளத்துக்கு $\{P\} = 1$. அங்ஙனமே cgs திட்டத்தில் இரண்டு செண்டிமீட்டர் ஆரம் உள்ள கோளத்துக்கு $\{P\} = 1$. இவ்வாறே 1 மீட்டர் அல்லது 1 செண்டி மீட்டர் ஆரம் உள்ள கோளத்துக்கு $\{P^1\} = 1$.

அவ்வாறே 0.5 மீட்டர் அல்லது 0.5 cm ஆரம் உள்ள உருளைக்கு $\{P\} = 1$.

1 மீட்டர் அல்லது 1 cm ஆரம் உள்ள கோளத்தின் கௌசிய வளைவு $1\ m^{-2}$ அல்லது $1\ cm^{-2}$. $1\ m^{-1} = 10^{-2}\ cm^{-1}$. $1m^{-2} = 10^{-4}\ cm^{-2}$ என்பன நாம் அறிந்தனவே.

8.1.5. மேலும் சில கணிசங்கள்

(1) நிலைப்புச் சுழலம் அல்லது நிலைப்புத் திருப்புதிறன்* (Static moment) ஓர் அச்சுக்குச் சார்பான நிலைப்புச்சுழலம்

$$S_z = \int_O^A r\,dA$$

இதில் dA என்பது நிலைப்புச் சுழலத்தைத் தீர்மானிக்கும் அச்சில் இருந்து r தொலைவில் உள்ள ஒரு பரப்புக்கூறு. இதிலிருந்து முழுப்பரப்புக்கும் ஆன நிலைப்புச் சுழலத்தைத் தீர்மானிக்கலாம் நிலைப்புச் சுழலத்தின் ($r \times l^2$) பரிமாணம்

$$[S_z] = L^3$$

எனவே, இதன் அலகுகள் முறையே m^3; cm^3.

* 8.1.5. (1) திருப்புத்திறன் என்பதைவிட சுழலம் என்ற ஒரே சொல் சுருக்கமாக அமையும். சுழல்+அம் இதில் அம் — பெருமைப்பொருட் பின்னொட்டு (augmentative suffix). capacity, efficiency, power என்ற சொற்களில் இருந்து வேறுபடுத்தவும் 'சுழலம்' வழிசெய்கிறது.

14

நீளத்தின் முப்பரிமானத்தில் இருப்பினும் பருமத்துடன் தொடர்புடையதல்ல.

நிலைப்புச் சுழலத்தின் அலகு: நீள அகலங்கள் முறையே a, b உள்ள செவ்வகத்தின் b பக்கத்துக்குச் சார்பான நிலைப்புச் சுழலம்

$$S_b = \frac{b \times ab}{2} = \frac{1}{2} ab^2$$

எனவே, 1 மீட்டர் அகலமும் 2 மீட்டர் நீளமும் உள்ள செவ்வகத்தின் நிலைப்புச் சுழலத்தை இதற்குரிய அலகாகக் கொள்ளலாம். ஏனெனில் அப்போதுதான் $\{S_b\} = 1$ ஆகும். அங்ஙனமே cgs-எனின் 1 cm, 2 cm என பக்கங்களைக் கைக்கொள்ளலாம். நிலைப்புச் சுழலத்தின் பரிமானப்படி (L^3)

$$1\ m^3 = 10^6\ cm^3$$

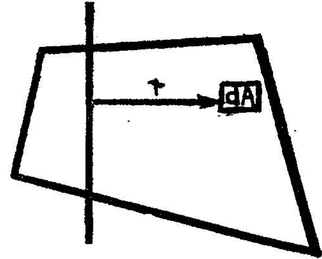
(2) அச்சியல் சடமைச் சுழலம் (axial moment of inertia)

$$J_z = \int_O^A r^2 dA$$

எனவே இதன் பரிமானம், $[J_z] = L^4$

SI, mk விசைத்திட்டத்தில் $\langle J_z \rangle = m^4$

cgs-ல் $\langle J_z \rangle = cm^4 = 10^{-8}\ m^4$



படம் 37 அச்சியல் சடமைச்சுழலகம்

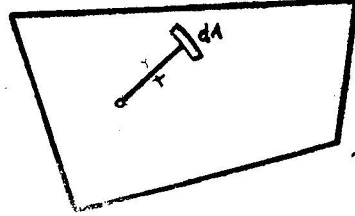
a, b பக்கங்களை உடைய செவ்வகத்தில் b பக்கத்துக்குச் சார்பான அச்சியல் சடமைச்சுழலம்

$$J_b = \frac{a^3 b}{3}$$

எனவே, a = 1 மீட்டர், b = 3 மீட்டர் பக்கங்களையுடைய செவ்வகத்தின் b பக்கத்துக்குச் சார்பான சடமைச் சுழலத்தை ஓரலகுச் சடமைச்சுழலம் எனக்கொள்ளலாம்.

(3) முனைவச் சடமைச் சுழலம் (polar moment of inertia) என்பது, அச்சைப்பற்றியல்லாமல் ஒரு புள்ளியைப் பற்றியது. முனைவச் சுழலம்

$$I_o = \int_0^A r^2 dA$$



படம் 38 முனைவச் சடமைச் சுழலகம்

இதிலிருந்து, ஒரு வட்டத்தின் முனைவச் சுழலம்

$$I_o = \frac{\pi r^4}{2}$$

அல்லது $r^4 = \frac{2}{\pi} I_o$ அல்லது $r = \left(\frac{2I_o}{\pi}\right)^{\frac{1}{4}}$

I_o-ஐ ஓரலகு ஆக்குவதாயின் $r = \left(2 \times \frac{7}{22}\right)^{\frac{1}{4}}$

என இருக்கவேண்டும். எனவே

$$r = (0.6364)^{\frac{1}{4}} = 0.893\,2 \text{ m}$$

எனவே ஓரலகு முனைவச் சடமைச் சுழலம் என்பது, $\sqrt[4]{2/\pi}$ (= 0.893 2) மீட்டர் ஆரமுள்ள வட்டத்தின் சடமைச் சுழலம் ஆகும். cgs-இல் 0.893 2 cm எனக் கொள்ளவேண்டும்.

அச்சியல் சடமைச் சுழலமும் முனைவச் சடமைச் சுழலமும் $[L^4]$ என்ற ஒரே பரிமானம்தான் பெற்றுள்ளன.

இவ்வாறு, இதுவரை நீளக்கணிசம் மட்டுமே அதன் முதற் படி நிலையில் இருந்து நான்காம் படிநிலை (fourth power) வரை பகுத்தாயப்பட்டது.

8.2. பரிமானமே இல்லாத அடிப்படை அலகுகள்

நீளம் இல்லியே!

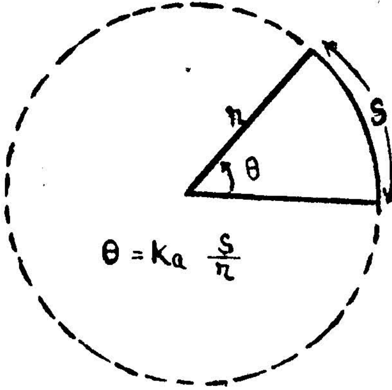
நீளத்தை நீளத்தால் பெருக்கிய பரப்பு அலகுகளையும், பரும அலகுகளையும் பார்த்தோம். நீளத்தை நீளத்தால் வகுத்தால்...? அவ்வாறு வகுப்பதால் கிடைக்கும் அலகுக்குப் பரிமானம் சுழி. அஃதாவது ஒன்றுமில்லை என்பது வெளிப்படை.

$$\frac{L}{L} = LL^{-1} = L^{\circ} = 1$$

பரிமானம் ஒன்றுமே இல்லாத இரண்டு அலகுகள் ஏறத்தாழ அடிப்படை அலகுகளாகக் கருதப்பட்டு வருகின்றன என்றால் அவற்றின் கீர்த்தி பெரிதுதான்! தற்போது துணை அலகு (supplementary unit) நிலையில் இருக்கும் அவற்றை அடிப்படையலகாகவே ஆக்கவேண்டும் என அளவீட்டு அறிவியலார் கருதுகின்றனர். அத்தகைய இரண்டு அலகுகளும் கோண அலகுகளே! அவையாவன : 1 ரேடியன் என்ற ஆரயன் (radian), 2 ஸ்டெரேடியன் என்ற திணாரயன் (steradian)

8.2.1. தளக்கோணம் (plane angle)—(α, β, γ, θ, ν, ψ)

ஆரயன் (radian): ஒரு வட்டத்தின் பரிதியில் அதன் ஆரத்துக்குச் சமமான வட்டவில்லை வெட்டும் இரு ஆரங்களுக்கு, இடைப்பட்ட கோணம் என எளிதாக வரையறுக்கலாம்.



படம் 39 தளக்கோணம்

$$\theta = K_a \frac{s}{r}$$

தளக்கோணத்துக்கான தகவுமாறிலி

$\{K_a\} = 1$ எனின்
$\langle\theta\rangle$ = ஆரயன்
$\{K_a\} = (180/\pi)$ எனின்
$\langle\theta\rangle$ = பாகை
$\{K_a\} = (1/2\pi)$ எனின்
$\langle\theta\rangle$ = சுற்று (cycle)

எனவே, கோணம் என்பது மாறிலியின் அடிப்படையில் வருவித்த ஒரு கணிசம். இதற்கான அலகுச் சமன்பாட்டைக் கருதினால்

$$\langle\theta\rangle = \langle K_a\rangle \langle L\rangle \langle L^{-1}\rangle = K_a$$

இந்த மாறிலி K_a-யின் அலகே θ-இன் அலகு ஆகிறது. எனவே $\{K_a\}$-உக்குத் தக்கவாறு, ஆரயன், பாகை, சுற்று என

* ஆரயன்: ஆர் — ஆரம் —radius — radian எனவே radian ஆரயன் எனப் பட்டது. இங்ஙனமே திண்மக் கோணத்தினது திணாரயன் எனக் குறிக்கப் படுகிறது.

அலகுகள் அமையும். எனவே கோணத்துக்கான அடிப்படை அலகு $< K_a >$ தான்; $<\theta>$ அல்ல. இவ்வாறே கோணத்துக் கான அடிப்படைப் பரிமானமும் $[K_a]$ தான்; $[\theta]$ அல்ல.

வட்டத்தின் பரிதி $2\pi r$; ஆரம் r.

வட்டப்பரிதி $2\pi r$ வட்டமையத்தில் தாங்கும் கோணம் $= 360^\circ$

வட்டவில் r ,, ,, ,, $= \frac{360^\circ}{2\pi}$

ஆகையால், 1 ஆரயன் $= 57.296^\circ = 57^\circ\ 17'\ 45''$

அவ்வாறே, $1^\circ = 0.017\ 453$ ஆரயன்

ஏனைய கோண திட்டமில் அலகுகள் ஆவன:

ஒரு சுழற்சி $= 2\pi$ ஆரயன்

1 பாகை $= \frac{1}{360}$ சுழற்சி

60 பாகைநொடி† = 1 பாகை நிமையம்

60 பாகை நிமையம் = 1 பாகை

390 பாகை = 1 வட்டம் (அல்லது சுழற்சி)

செங்கோணம் $= 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ rad $= \frac{1}{4}$ சுழற்சி

ஒரு செங்கோணத்தில் நூறில் ஒரு பாகம் '**கோண்**'* (gon)

10 000 மெட்ரிக் நொடி (cc) = 1 மெட்ரிக் நிமையம் (c)
100 மெட்ரிக் நிமையம் (c) = 1 கோண் (g)
100 கோண் (g) = செங்கோணம் ($D = 90^\circ$)

1 கோண் $= 0.01$ செங்கோணம் $= 0.9^\circ = 0.0157$ ஆரயன்
$= 10^{2c} = 10^{4cc}$

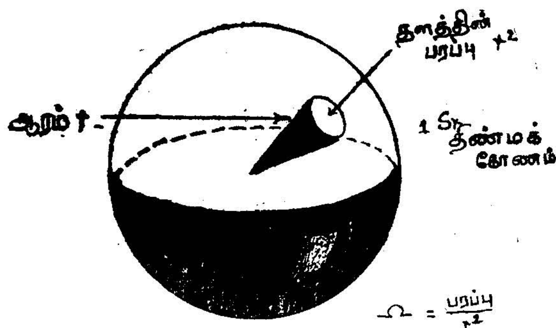
8.2.2. திண்மக்கோணம் (solid angle—Ω)

ஒரு கோளத்தைக் கருதுவோம். அதன் ஆரம் r என்க. கோளத்தின் புறப்பரப்பில் r^2 சதுரப் பரப்புக்குச் சமமான ஒரு, வட்டப்பரப்பை எடுத்துக்கொள்வோம். இந்த வட்டப்பரப்பு கோளத்தின் மையத்தில் ஒரு கூம்புக் கோணத்தைத் தாங்கும்.

†பாகைநொடி, கோணாடி என்றும் குறிக்கப்பெறுகிறது. (காண்க. 8.1.1. 'பார்செக்' = அடிக்குறிப்பு)

* 8.1.1. கோண்—கோணம். தமிழ். கோண்→ GK.gon, gonia

இத்தகைய கூம்புக்கோணமோ அன்றி இதையொத்த கோணமோ திண்மக் **கோணம்** எனப்படும். இங்குக் குறிப்பிட்டவாறு, கோள வளைவாரத்தைப் பக்கம் ஆகக் கொண்ட சதுரப்பரப்புக்குச் சமமான கோளப்புறப்பரப்பு, கோளமையத்தில் தாங்கும் திண் க்கோணம் ஒரு **திணாரயன்** (steradian-sr) எனப்படும்.



படம் 40. திண்மக்கோணம் வரையறை

கோளத்தின் ஆரத்தைப் பக்கம் ஆகக்கொண்ட சமச்சதுரப் பரப்புள்ள கோளவளைதளப் பரப்பு, கோளத்தின் மையத்தில் தாங்கும் கூம்புக் கோணம்

$$r = K_s \frac{A}{r^2}$$

இதில் K_s என்பது திண்மக்கோணத்துக்கான மாறிலி $\{K_s\} = \frac{1}{4}\pi$ எனின், திண்மக்கோணத்தின் அலகு **'கோளம்'**. அஃதாவது, கோளத்தின் முழுப்புறப் பரப்பு வழக்கம் போல்

$$<\Omega> = <K_s> <L^2> <L^{-2}> = <K_s>$$

$\{K_s\} = 1$ எனின், அப்போது $<\Omega>$ = திணாரயன்

அல்லது $\Omega = ks = 1$ திணாரயன்

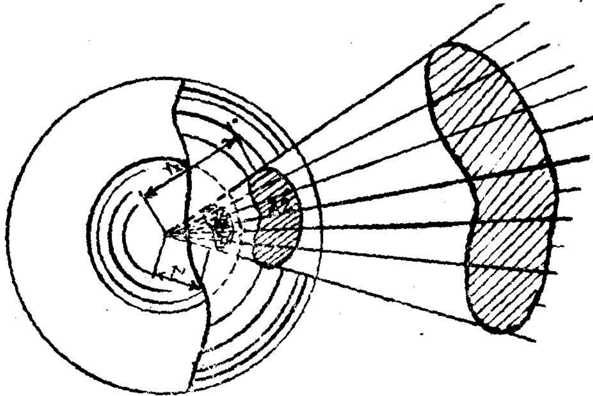
இதிலிருந்து, $\frac{1}{4\pi}$ கோளம் = 1 திணாரயன், அல்லது

1 கோளம் = 4π திணாரயன்

என்பது வெளிப்படை.

இதிலும், $<Ks>$ தான் அடிப்படை அலகு; $[Ks]$ தான் அடிப்படைப் பரிமாணம். எனினும் வழக்கத்துக்கொப்ப, இவற்றை $<\Omega>$, $[\Omega]$ என—சமானம் ஆகக் கருதுகிறோம்;

கோளத்தின் மையத்தில், ஒவ்வொன்றுக்குச் செங்குத்தாக அமையும் மூன்று தளங்கள் ஊடாடுவதால், கோளமையத்தில் 8 செங் கோணங்கள் அமைகின்றன. எனவே ஒரு செங்கோணத்



படம் 41. திண்மக்கோணம் விளக்கம்

$$4\frac{\pi}{8} = \frac{\pi}{2}$$

தின் மதிப்பு தளக்கோணத்தில் கோண மதிப்புக்கும், திண்மக் கோணத்தில் கோண மதிப்புக்கும் எந்தவித வேறுபாடும் இல்லை.

சதுரப் பாகை (square degree□°) : வானியலில் பயன்பட்டு வரும் சதுரப்பாகை என்னும் திண்மக்கோண அலகு ஒரு திட்டமில் அலகாகும். ஓரங்களுக்கு இடையே 1 பாகைக் கோணம் உள்ள நான்முனைப் பிரமிடு ஒன்றின் கூம்புத் திண்மக் கோணம் சதுரப்பாகை எனப்படும்.

1 சதுரப்பாகை $= 3{\cdot}046 \times 10^{-4}$ sr

$= 2{\cdot}424 \times 10^{-5}$ முழுக் கோளத்தின் திண்மக் கோணம்.

தளக் கோணமும், திண்மக் கோணமும் எல்லா அலகுத் திட்டங்களிலும் ஒரே வரையறையால் அமைந்ததே! எனவே எந்த அலகீட்டைப் பயன்படுத்தினாலும் மாறுபடாது. இதனால், இவை SI, cgs, விசையலகுத் திட்டம்—ஏன் ஏனைய எல்லாத் திட்டங்களிலும் மதிப்பு மாறுபடாமல் என்றும் நின்று நிலவி வரும்.

8.3. நீளத்துடன் நேரம்—இயக்க அளவியல் அலகுகள் (Kinematics Units)

இயக்கத்தை அளக்கும் இயலில் காலயிடை இன்றியமையாத கணிசயாக விளங்கும், நிறையோ, விசையோ உட்புகாத வெறும் இயக்கத்தில் நீளமும் நேரமும் தாம் அடிப் படைக் கணிசங்கள். காலயிடையின் படித்தரம் நொடி என்று அறிவோம். நொடியின் பெருக்கங்களான நிமையம், (minute), மணி, நாள் முதலானவை திட்டமில் அலகுகளே எனினும் நொடியின் உட்பிரிவுகள் பதினமுறையில் அமைந்தவை.

இந்த நொடி, எல்லா அலகுத் திட்டங்களிலும் காலயிடை யின் படித்தர அலகாகக் கைக்கொள்ளப் பெற்றுள்ளது.

8.3.1. திசைவேகம் எனப்படும் கதி* (velocity-u,v)

'துகளின் கதிஅஃது இடம்பெயர் மேனி'' (rate) நேர்க் கோட்டில் சீராகச் சென்று கொண்டிருக்கும் துகளின் கதி, அது கடந்த தொலைவைக் காலியிடையால் வகுக்கக் கிடைக்கும்.

$$v = \frac{l}{t}$$

இதிலிருந்து 'ஓரலகுக் கதியென்பது ஓரலகுக் காலயிடையில், துகள் கடக்கும் தொலைவு' என்பது புலப்படும். எனவே, SI, mkgfs—விசைத் திட்டங்களில் கதியின் அலகு நொடிக்கு...... மீட்டர் (அல்லது மீட்டர் நொடிக்கு ms^{-1}) என்றும் cgs-திட்டத் தில் $cm\ s^{-1}$ என்றும் தெரியவரும். இதன் பரிமானவாய்பாடு

$$[v] = LT^{-1}$$

என்பதும் இதனையே உறுதிப்படுத்தும்.

கதியின் அலகுக்குத் தனிப் பெயர் ஏதும் சூட்டப்படவில்லை. எனினும் metre per second என்பதன் சுருக்கமாக *'mes'* என்ற அலகுப் பெயர் ஒன்று உள்ளது. பிரித்தானிய மன்றம் cgs-கதிக்கு 1888-இல் கைன் (Kine) என்ற பெயரைப் பரிந்துரைத்தது. இந்தப் பெயர்கள் அதிகார முறையாக ஏற்றுக்கொள்ளப் பெறவில்லை.

* 8.3.1. கதி ; சுதி என்பது நேர்க்கோட்டுக்கு இயக்கம் நேராகச் செல்பவனை. கதிக்கச் செல்கிறான் என்பது தமிழ் வழக்கு. எனவே velocity-க் கான ஒரே சொல் 'கதி'. வேகம் என்பது relative speedஐக் குறிக்கும் சொல். இதனை முதல் தாய்மொழி அல்லது தமிழாக்க விளக்கத்தில் காண்க velocity-க்கு உருசிய நாட்டுத் தமிழாக்கம் கதி என்பதே. (பொழுதுபோக்குப் பௌதிகம்—முதற் பதிப்பு),

மிகுந்த நடைமுறை வழக்கில் உள்ள திட்டமில் அலகுகள்: (1) கிலோமீட்டர் மணிக்கு (Km/h) (2) மைல் மணிக்கு (mile/h) என்பவை.

$$1\ \mathrm{Km/h} = 0.277\ 778\ \mathrm{ms^{-1}}$$
$$1\ \mathrm{mile/h} = 0.447\ 04\ \mathrm{ms^{-1}}$$

நாவாய்த்துறையில் கதியைக் குறிக்கும் சிறப்பு அலகான நாட் (knot) என்பது திட்டத்துக்குப் புறம்பான அலகாகும்.

1 நாட் = 1 நாவாய் மைல் மணி = 1.852 Km/h

8.3 2. முடுக்கம் (acceleration-a):

'கதியின் மாற்ற மேனி' முடுக்கம்.............(மேனி-rate)

t நொடியில், ஒரு துகளின் கதி v_2-இல் இருந்து v_1-2க்குச் சீராக மாறினால், அத்துகளின் முடுக்கம்,

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} \quad \text{அல்லது} \quad a = \frac{dv}{dt}$$

எனவே, ஓரலகு நேரத்தில் ஓரல்குக் கதிமாற்றத்தை முடுக்கத்தின் அலகுக்குக் கொடுக்கலாம். முடுக்கத்தின் பரிமானம்

$$[a] = LT^{-2}$$

எனவே, SI, mkgfs-இல் முடுக்கத்தின் அலகாக 'நொடியில் நொடிக்கு...மீட்டர் (அல்லது நொடியிரு படிக்கு....மீட்டர் அல்லது...மீட்டர் நொடியிருபடிக்கு ms^{-2}) எனக் கூறுகிறோம். cgs-இல் முடுக்கத்தை cms^{-2} என்ற அலகால் குறிப்பிட்டு வந்தோம்.

$$1\ \mathrm{cms^{-2}} = 10^{-2}\ \mathrm{ms^{-2}}$$

இந்த cms^{-2} என்ற முடுக்க அலகுக்கு, கலிலியோ (Galileo 1564-1642) வின் பெயரால் கால் (gal-G) என்ற அலகு, செர்மனியில் 1920 வாக்கில் வழங்கி வந்தது. முடுக்கத்தின இந்த அலகு நிலவியன்மை அளவீடுகளில் பயன்பட்டு வந்தது. நிலத்தின் ஈர்ப்பு—முடுக்கம் 'மில்லிகால்' ($=10^{-5}$ ms^{-2})-இல் மாறுபடுவதால், இத்துறையில் இது விதந்து கொள்ளப்பெற்றது.

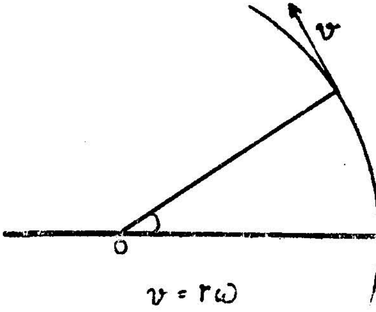
வானூர்தி வடிவமைப்புத் துறையிலும், வான் நாவாய்த் துறையிலும் (aeronautics). ஒரு வானூர்தி ஈர்க்கப்படும் விசை, ஈர்ப்பு முடுக்கத்தில் அளக்கப்பெற்றது. இதன் அலகு 'g'

1 ''g'' $= 32.174$ *ft* $s^{-2} = 9.807$ ms^{-2} இவ்வாறு ''g'' அளவனில் அளக்கப் பெறும் முடுக்க அலகு மேற்சுமை (overload) என்றும் வழங்கப் பெறும். பூமிக்கு அருகில் அமைதி நிலையிலோ, அன்றி சீர் இயக்கநிலையிலோ உள்ள ஊர்தியின் எடையைவிட, முடுக்கத்துடன் இயங்கும் அதே ஊர்தியின் எடை எவ்வளவு மிகுந்தது எனபதைச் சுட்டுவதால் இது ''மேற்சுமை'' என்ற பெயர் பெற்றது.

8. 3. 3. கோண கதி (angular velocity-ω):

சீரான வட்டச்சார்பியக்கத்தில் உள்ள துகள், ஓரலகு நேரத்தில் பராவும் கோணம் (Ψ). கோணகதி (ω) எனப்படும்.

$$\omega = \frac{\Psi}{t} \qquad \text{அன்றி } \omega = \frac{d\Psi}{dt}$$



படம் 42. கோணகதி

கோணத்தின் பரிமானம் சுழி(ட்)ஆதலால்

$$[\omega] = T^{-1}$$

சீரான இயக்கத்தில் ஒரு நொடியில் ஓர் ஆரயன் பராவும் கோணகதி, ஓரலகு கோணகதி (1 rad s^{-1}) ஆகும்.

8.3.4. கோண முடுக்கம் (angular acceleration—α)

ஓரலகு நேரத்தில் கோணகதியில் ஏற்படும் மாற்றம் கோண முடுக்கம் ஆகும்.

$$\alpha = \frac{\omega_1 - \omega_2}{t} = \frac{\Psi}{t} \times \frac{1}{t}$$

கோணத்துக்குப் பரிமானம் இல்லாததால், கோணமுடுக்கத்தின் பரிமானம்

$$[\alpha] = T^{-2}$$

எல்லாத் திட்டங்களிலும் காலயிடையின் அலகு, நொடி ஆதலால், கோணகதியின் அலகும், கோணமுடுக்கத்தின் அலகும் அனைத்துத் திட்டங்களிலும்

$<\omega> = \text{rad s}^{-1}$; $<\alpha> = \text{rad s}^{-2}$ தாம்

கோண அளவீட்டில், சுற்றி (rev), பாகை (°), கோண நிமையம் (′), கோணநொடி (″) போன்ற திட்டமில் அலகுகளுக்குத் தக்கவாறு கோணகதி ω-2ம், கோணமுடுக்கம் α-வும் அமையும்.

ω : 1 rev s^{-1} ; 1° s^{-1} ; 1′ s^{-1} ; 1″ s^{-1}

α ; 1 rev s^{-2} ; 1° s^{-2} ; 1′ s^{-2} ; 1″ s^{-2}

இந்தத் திட்டமில் கோண அலகுகளுக்கும் ஆரயனுக்கும் உள்ள தகவுதான், ω-உக்கும் α-வுக்கும் உள்ள தகவு.

8.3.5. முறைமை (Period)-T :

ஒரு கணிசம் நேரத்தின் நிகழ்முறையாக அமைந்து இந்த நிகழ்முறை குறிப்பிட்ட மாறாத காலயிடை (T)யில் தொடர்ந்து மீண்டு கொண்டிருக்குமாயின், இக்கணிசம் முறைமையுடையது எனப்படும். இந் நிகழ்முறையின் முறைமை T எனப்படும்.

எல்லா முறைமை நிகழ்முறையும் (periodic function) சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை உட்கொண்டது. 1 சுற்றை முடிக்க ஆகும் காலம் 'முறைமை' எனப்படும். இதன் பரிமானம்

$$[T] = T$$

முறைமையின் அலகு, நேரத்தின் அலகான 'நொடி'யே

8.3.6. அடுக்கம்* (frequency-f, ν):

ஓரலகு நேரத்தில் துகள் சுற்றிய சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அடுக்கம் எனப்படும்.

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{எனவே} \quad [f] = T^{-1}$$

அடுக்கத்தின் அலகு $<f>$ = எர்ட்சு (hertz). எய்ன்ரிச் R. எர்ட்சு (Heinreich R. Hertz 1857-1894) என்ற அறிஞரின் பெயரில், இந்த அலகு 1933 அக்டோபரில் IEC-யால் ஏற்றுக் கொள்ளப் பெற்றது. 'ஒரு நொடியில் மீளும் முறைமை நிகழ்வே எர்ட்சு'.

* 8.3.6. அதிர்வு, அதிர்வம் என்ற சொல்லும் கையாளப்பெறும்.
frequency — அடுக்கம், அதிர்வு, அதிர்வம்
vibration — விதிர்வு
oscillation — அலைவு

இதற்கான பழைய அலகான 'சுற்றுகள் நொடிக்கு' (cycle per second—cps) இன்னும் கூட வழக்கில் இருந்து மறையவில்லை.

வானொலி நிலையங்கள் சிலவற்றின் ஒலிபரப்பு அதிர்வு களை பின்னிணைப்பு 14.5.8 இல் காணலாம்.

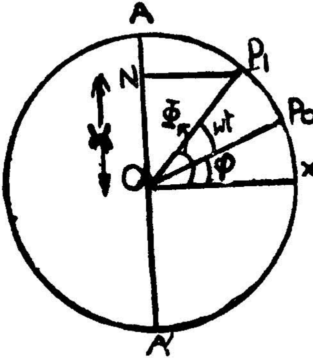
1930-இல் ஒளியின் அடுக்கத்துக்கு பிரனெல்* என்ற அலகு பயன்படுத்தப் பெற்றிருந்தாலும் கூட அது வழக்கில் நிலை பெறவில்லை.

$$1 \text{ பிரனெல்} = 10^{12} \text{ Hz} = 1 \text{ THz}$$

கோணகதி ω, அடுக்கம் f ஆகியவற்றுக்கான தொடர்பு, இந்தச் சமன்பாடு, கோணகதி எனப்படும் கோணஅடுக்கத்தை எளிதாய் தீர்மானிக்க உதவும்.

8.3.7. கட்டம் (phase-φ)

ஓர் அலைவியக்கத்தின் பாதையில் உள்ள புள்ளிகள் எந்த வொரு கணத்திலும் முற்றொத்த இடப்பெயர்ச்சியைப் பெற்றிருந்தால், அப்புள்ளிகள் சம கட்டப் புள்ளிகள் எனப்பெறும்.



படம் 43. கட்டம்

$$x = A \sin \phi$$

இதில் A - வீச்சு

φ - கட்டம்

கோண அடுக்கம் ω, தொடக் கக்கட்டம் φ எனில் t ஆவது நொடியில்

$$\phi = \omega t + \psi$$

கட்டம் என்பது ஒரு பரிமானமில் கணிசமே. மின்சாரக் கம்மிய இயலில் (electric engineering), கட்டமும், கட்ட வேறுபாடும், சில சமயங்களில் மின்சாரப் பாகை (electrical degree) என்ற அலகில் அளக்கப் பெறும். இதன் மதிப்பு, ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் முறைமை (period)யில் 1/360

* ஒளியியல் துறையில் பெரும்பணியாற்றியவர் பிரனெல் (A.J. Bresnel 1788-1827).

பகுதிக்குச் சமமான காலயிடை ஆகும். நமது மின்சார இணைப்புகளில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அடுக்கம் 50 Hz. ஆகையால் அதன் கட்டம்.

$$\frac{1}{50} \times \frac{1}{360} = \frac{1}{18000} = 5.556 \times 10^{-5} s = 55.6 \mu s$$

என அறியலாம்.

8.3.8. பருமளவுப் பாய்வுமேனி (volumetric flow rate)

ஒரு பரப்பின் ஊடாக, ஒரு நொடியில் பாயும் பாய்மத்தின் பருமம் பருமளவுப் பாய்வுமேனி எனப்படும். இது, பருமத்தை நேரத்தால் வகுக்கக் கிடைக்கும். எனவே இதன் பரிமானம்,

$$[Qv] = L^3 = T^{-1}$$

இதன் அலகுகள் $m\ s^{-1}$, $cm\ s^{-1}$ என்பன.

8.3.9. பருமளவுப் பாய்வுமேனி அடர்த்தி (volumetric flow rate density)

ஓரலகுப் பரப்பின் ஊடாக, ஒரு நொடியில் பாயும் பாய்மத்தின் பருமம், பருமளவுப் பாய்வுமேனி அடர்த்தி எனப்படும். எனவே இதன் பரிமானம்

$$[Qv] = L^{-}T^{3-1} \quad L^{-2} = LT^{-1}$$

பருமளவுப் பாய்வுமேனி அடர்த்தி என்பது பாய்வின் நீளவாகுக்கதி (linear velocity) என்பதால் கதியின் பரிமானத்தையே பெறுகிறது.

8.3.10. கதிவாட்டம் (velocity gradient)

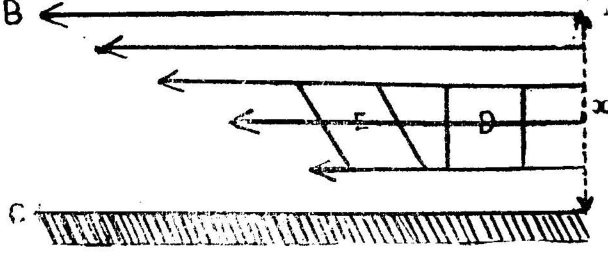
நுண்குழாய் ஒன்றின் வழியாக, நீர் பாயுங்கால் குழாயுள் ஓடும் "நீர்உருளை" யின் அச்சுக்கோட்டில் உள்ள துகள்கள் மிகுந்த கதியுடன் ஓடும். அச்சுக்கோட்டில் இருந்து குழாயின் சுவரை நோக்கி வரவர, சுவரின் உராய்வால், நீரின் கதி குறைந்துகொண்டே வந்து சுவரை ஒட்டியபின் சுழியாய் விடும். நீர் பாயும் திசைக்குக் குறுக்கான பரப்பில் நீர்த்துகள் அடுக்குகள் கதிவாட்டத்துடன் உள்ளன என்று சொல்லப்படும். இது எல்லாப் பாய்மங்களுக்கும் பொருந்தும்.*

* 8.3.9: பட்டப்படிப்பு மாணவர்கள் "பாகியற் குணகத்தை" தருவிக்கும் கணக்கீட்டை நினைவு கூர்க.

$$\text{வாட்டம் } v = \frac{dv}{dt}$$

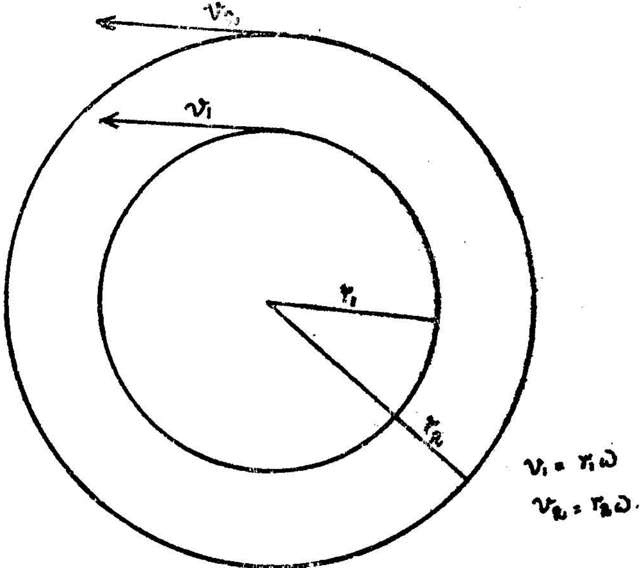
இதன் பரிமானம்,

$$[\text{ வாட்டம் } v\ ] = LT^{-1}\,L^{-1} = T^{-1}$$



படம் 44. கதிவாட்டம்

எனவே: கதிவாட்டத்தின் அலகு எல்லாத் திட்டங்களிலும் s^{-1} தான்.



$v_1 = wr_1$
$v_2 = wr_2$

படம் 45. கதிவாட்டம்-ஆரவகை

இந்தக் கதிவாட்டம், ஒரு திண்பொருளின் வளைவியக் கத்துக்கும் பொருந்தும். மையத்தைப் பற்றிச் சீராகச் சுழலும் தட்டின் மையத்தில் இருந்து, தட்டுப் பரிதியை நோக்கி வரவர, தட்டின் ஆரவழியில் உள்ள புள்ளிகளின் கதி மிகுந்துகொண்டே வரும். வட்டின் கோணகதி ω எனின் மையத்தில் இருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளியின் நீளவாகுக் கதி

$$v = \omega r$$

$$\text{எனவே (வாட்டம் v)} = \frac{dv}{dr} = \omega$$

எனவே மையத்தைப் பற்றிச் சுழலும் வட்டின் கதிவாட்டம், கோணகதிக்குச் சமம். இந்தக் கதிவாட்டம் வட்டிலுள்ள எல்லாப் புள்ளிகளிலும் ஒன்றே.

8.4. விசையியல் அலகுகள்*
(Units of Dynamics and Statics)

நீளம், நேரம், நிறை மூவினைமை' யுடையன விசையியல் அலகுகள். விசையியலுள் விசையியக்கவியலும் (dynamics) விசைநிலைப்பியலும் (statics) அடங்கும்.

8.4.1. நிறை

நிறையின் அலகு SI-இல் **கிலோகிராம்**. cgs-இல் **கிராம்**, mkgfs-விசைத்திட்டத்தில் தொழில் நுட்ப அலகான **டம்** ஆகியன. டம், விசைத்திட்டத்தில் ஒரு வருவித்த அலகு அஃதாவது

$$[m]\ \text{விசைதி} = L^{-1} FT^2$$

டம்(technical unit of mass tum) என நாம் குறிப்பிடுவது $kgfs^2 m^{-1}$ என்ற பெயரால் வழங்கப்படுகிறது.

1 கிலோகிராம் = 10^3 கிராம் = 0.102 டம்

மில்லிகிராம், மைக்ரோகிராம், மெகாகிராம் போன்ற முன்னொட்டுடன் கூடிய SI அலகுகள் தவிர, பதினமுறையில் வழக்கில் உள்ள பிற இரு அலகுகள் டன் அல்லது மெட்ரிக் டன் (tonne), குவின்ட்டால் அல்லது [6]சென்ட்னர்.

* 8. 4. mechanics - விசையியல் "Mechanics is the study of action of forces" என்ற வரையறைப்படி விசையியல்தான். இங்கு எந்திரம் எதுவும் ஊடாடவில்லை. எந்திரவியல் என்பது mechanical engineering-உக்கும் ஒரு கால் பொருந்தக்கூடும்.

1 மெட்ரிக் டன் = 10^3 kg = 10^6g = 1 Mg

இந்த 'டன்', மீட்டர்-டன்-நொடி (MTS)த் திட்டத்தில் நிறை யின் அடிப்படை அலகாக விளங்கியது.

1 குவின்ட்டால் = 100kg = 10^5g

அமெரிக்க ஒன்றியத்திலும், ஐரோப்பாக் கண்டத்திலும் மிகச் செல்வாக்குப் பெற்றிருந்த ஒரு நிறை அலகு, **காம்மா** (r) என்பதாகும்.

1 காம்மா = 10^{-9} Kg = 1 μg

இங்கிலாந்தில் 1937 இல் காம்மாவுக்குப் பதிலாக மைக்ரோ கிராம் கைக்கொள்ளப் பெற்றது.

அருமணிகளை நிறுக்க, குன்றி* (carat) அல்லது குன்றிமணி என்ற அலகு இன்றும் வழக்கத்தில் உள்ளது.

1 = குன்றி 200 mg = 0.2×10^{-3} Kg

1913க்கு முன் 1 குன்றி = 205 mg^{-2} க்குச் சமமாகக் கருதப் பட்டது. வைர நிறுவையில் புள்ளி (point) என்ற ஓர் அலகு பயன்பட்டது.

1 புள்ளி = 0.01 குன்றி = 2 mg = 2×10^{-6} Kg

பண்டளவு (amount of a substance) : குறித்த எண்ணிகை யுள்ள கூறுகளின் மொத்த நிறைக்கு ஓர் அலகைக் கைக் கொள்ளு தல் பயன் உடையதாகும். பண்டளவு எனப்படும், அத்தகைய கணிசத்துக்கான அலகு **மோல்** இது 6. 5. 1. இல் விளக்கப்பட் டுள்ளது.

12 கிராம் கரி, $^{12}_{6}$C–ஓரிடணு (isotope) வில் எத்தனை அணுக் கள் உள்ளனவோ, அத்தனை அடிப்படைக் கூறுகளைக்கொண்ட தொகுதியின் நிறை 1 மோல், $^{12}_{6}$C இல் $(6.0249 \pm 0.0002) \times 10^{23}$ அல்லது தோராயமாக, 6.025×10^{23} அணுக்கள் உள்ளன, எனவே,

6.025×10^{23} எலக்ட்ரான்களின் நிறை 1 எலக்ட்ரான் மோல் = 548.9 μg ஒரு தனிமத்தின்

* குன்றி—அராபிக் மொழியில் 'quirrat' என்று ஆகி அதிலிருந்து 'carat' என ஐரோப்பிய மொழிகளில் வழங்கப்படலாயிற்று.

6.025×10^{23} அணுக்களின் நிறை அத்தனிமத்தின் 1 அணு மோல்.

6.025×10^{23} அயனிகளின் நிறை அத்தனிமத்தின் 1 அயனி மோல் ஒரு பொருளின்

6.025×10^{23} மூலக்கூறுகளின் நிறை அப்பொருளின் 1 மூலக்கூற்று மோல்

என இவ்வாறே ஏனைய துகள்களும், துகள் தொகுதிகளும் குறிக்கப்படும். எனவே, இந்த நிறையலகான மோல் 'அடிப்படைக்கூறு'க்குத்தக்க மாறுபடும்.

1 மோல் நீரகத்தின் (hvdrogen) நிறை 2 கிராம்; உயிரகை (Oxygen) யின் நிறை 32 கிராம்; நீரின் (H_2O) நிறை 18 கிராம்; நீரகப் பாசகை (HCl)ப் புளியத்தின் நிறை 36.5 கிராம். (cl-இன் அணுநிறை 35.5; H-இனது 1)

8.4.2. விசை (force—F) ;

'நிறையின் முடுக்கம் விசை எனப்படுமே'

நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க நெறியில் இருந்து தருவித்த விசை

$[F]$ LMT^{-2}

விசையின் அலகு SI-இல் நியூட்டன் N

cgs-இல் டைன் dyn $= 10^{-5}$N

ஒரு கிலோகிராம் நிறைக்கு 1 மீட்டர்/நொடி^{2} முடுக்கத்தைக் கொடுக்கவல்ல விசை 1 நியூட்டன். அங்ஙனமே, ஒரு கிராம் நிறைக்கு 1 செமீ / நொடி^{2} முடுக்கத்தைக் கொடுக்கும் விசை 1 டைன்*

விசையின் mks அலகுக்கு 1900-இல் பரிந்துரைத்த பெயர் பெருந்டைன் (large dyne). 1904 இல் நியூட்டன் பரிந்துரைக்கப் பெற்றிருந்த போதிலும் 1935 இல் தான் வழக்குக்கு வந்து, 1938 இல் பன்னாட்டு மின்னுக்கக் குழுவால் (IEC) ஏற்றுக்கொள்ளப் பெற்றது.

* கிரேகத்தில் விசையைக் குறிக்கும் dynamis என்ற சொல்லில் இருந்து உருவாக்கியது டைன்.

மீட்டர்-டன்-நொடி (MTS)த் திட்டத்தில் விசையின் அலகு ஸ்தெனை (sthcne-sn). *1* டன நிறைக்கு 1 m s^{-2} முடுக்கத்தைக் கொடுத்த விசை *1* ஸ்தெனே எனப்பட்டது.

$$1 \text{ sn} = 1 \text{ t m s}^{-2} = 1000 \text{ kg m s}^{-2} = 10^3 \text{N}$$

mkgfs-விசைத் திட்டத்தில் விசை ஓர் அடிப்படைக் கணிசம். ஒரு கிலோகிராம் நிறைக்கு நில ஈர்ப்பு முடுக்கமான $9.806\ 165 \text{ m s}^{-2}$ முடுக்கத்தைக் கொடுக்கும் விசை ஒரு கிலோ கிராம் விசை எனப்படும்.

$1 \text{ kgf} = 9.80 \times 10^5$ டைன் $= 9.80$ N கிராம்-விசை என நாம் பயன்படுத்தி வந்த ஈர்ப்பு விசை

$1 \text{ gf} = 980$ டைன் $= 980 \times 10^{-3} \text{ N} = 9.80 \text{ mN}$ அங்ஙனமே, *1* டன் விசை $= 10^{-3}$ kgf $= 9.80$ kN.

8.4.3. கணத்தாக்கு (impulse)

ஒரு விசையின் கணத்தாக்கு, அவ் விசைமதிப்பையும் (F), அது செயற்பட்ட நேரத்தையும் பெருக்கக் கிடைக்கும். ஓரலகு விசையின் கணத்தாக்கு, ஓரலகுக் கணத்தாக்கு.

கணத்தாக்கு – Ft

இதன் அலகுகள்:

SI-இல் $1 \text{ Ns} = \text{kg ms}^{-1}$
cgs-இல் $1 \text{ dyn s} = 1 \text{ g cm s}^{-1} = 10^{-5} \text{ Ns}$
விசைத்திட்டத்தில் $1 \text{ kgf s} = 9.80 \text{ kg ms}^{-1} = 9.80 \text{ Ns}$

8.4.4. இயக்கத் திணிவு அல்லது உந்தம் (momentum)

ஒரு பொருளின் நிறையை அதன் கதியால் பெருக்கினால் இயக்கத்திணிவு கிடைக்கும். ஓரலகுக் கதியுடன் இயங்கும் ஓரலகு நிறையுள்ள பொருளின் இயக்கத்திணிவு ஓரலகு இயக்கத் திணிவு

$$\vec{P} = mv \qquad [\vec{P}] = MLT^{-1} = MLT^{-1}$$

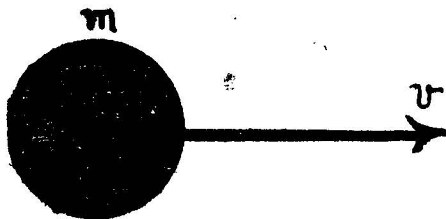
கணத்தாக்கின் பரிமானம்

$$[Ft] = LMT^{-2}\,T = LMT^{-1}$$

* *1876* இல், இந்த அலகுக்கு, பிரித்தானிய மன்றம் கயிறு என்று பொருள்படும் funal (←L. funam — கயிறு) என்ற பெயரைப் பரிந்துரைத்து. எனினும் பிரான்சில் ஸ்தெனே என்ற பெயரே *1919* இல் ஏற்றுக்கொள்ளப் பெற்றது.

எனவே இயக்கத்திணிவின் அலகும் கணத்தாக்கின் அலகும்ஒன்றே. ஆனால் கணத்தாக்கு என்பது இயக்கத்திணிவின் வேறுபாட்டைச் சுட்டும். அஃதாவது

$$Ft = mv_2 - mv_1$$



படம் 46. இயக்கத்திணிவு

8.4.5. அழுத்தமும் இறுக்கமும் (Pressure and stress)

குறித்த மொத்தப் பரப்பின்மீ தான
மொத்தக் குத்து விசையே இறுக்கம்
ஒருசது ரலகுப் பரப்பின்மீ தான
மொத்தக் குத்து விசையே அழுத்தம்

சீரான விசை ஒரு பரப்பின் மீது செயற்படும்பொழுது ஓரலகுப் பரப்பின் மீதான விசை அழுத்தம் எனப்படும்,

$$P = \frac{F}{A}$$

இதன் பரிமானம் $[P] = LMT^{-2} L^{-2} = L^{-1}MT^{-2}$

ஓரலகுப் பரப்பின் மீது ஓரலகு விசை செயற்படும்போதுள்ள அழுத்தம் ஓரலகு அழுத்தம் எனப்படும் SI இல் இதன் அலகு நியூட்டன் மீட்டர் இருபடிக்கு(Nm^{-2}). பிரான்சு நாட்டில் Nm^{-2} பாஸ்கல் (Pa) என்ற பெயரால் வழங்கப்படுகிறது. இப்பெயர் (GPM) ஆல் ஏற்றுக்கொள்ளப் படக்கூடும்.

cgs-இல் அழுத்தத்தின் அலகு dyn/cm^2
$1\ dyn/cm^2 = 0.1\ Nm^{-2}$

விசைத்திட்டத்தில் அழுத்தத்தின் அலகு

$1\ kgf/m^2 = 9.80\ Nm^{-2}\ (=980\ dyn/cm^2)$
$1\ fg/cm^2 = 9.80\ Nm^{-2}\ (=980\ dyn/cm^2)$

'பார்' என்ற அலகு ஒலியியல் அழுத்தத்தைக் குறிக்கும்போது $1\ dyn/cm^2 = 0.1 Nm^{-2}$ மதிப்பு உடையதாகவும், ஏனைய அழுத்தங்களைக் குறிக்கும்போது $10^6\ dyn/cm^2 = 10^5 Nm^{-2}$ ஆகவும் வழங்கி வந்தது. "$1\ Nm^{-2}$ பார்" ரம் (rum) என்றும் "$10^5 Nm^{-2}$

பார்'', பார் என்றும் வழங்கப்படலாம் என 1934இல் பரிந்துரைக்கப்பட்டது. இறுதியாக, இக்குழப்பம் 1951இல் ஒழிக்கப்பட்டு,

$$1 \text{ பார்} = 10^5 \text{ dyn/cm}^2 = 10^5 \text{Nm}^{-2}$$

என வரையறுக்கப்பட்டது. இதன்வழி, ஒலியியல் அழுத்தம் (0.1Nm^{-2}) மைக்ரோபாரில் அளக்கப்பெறுகிறது.

1 டைன்/செமீ² —ஐக் குறிக்க பாரட் (barad) என்ற அலகு பிரித்தானிய மன்றத்தாரால் 1888-ல் பரிந்துரைக்கப்பெற்றது; எனினும் கைக்கொள்ளப் பெறவில்லை.

கலிலியோவின் மாணவரான டாரிசெல்லி (1608-1647) யின் பெயரில் டார் (tor) = 1 Nm^{-2} என்ற அலகு 1913 இல் பரிந்துரைக்கப்பட்டும் வழக்குக்குக் வரவில்லை. 1 மில்லிமீட்டர் இதன் (mercury) இன் அழுத்தந்துக்குச் சமமாக டாரி (torr) என்ற அலகு செர்மனியில் பயன்பட்டு வந்தது.

$$1 \text{ டாரி} = \frac{101\ 3225}{760} \text{Nm}\Omega$$

$$1 \text{ டாரி} = 1.333\ 22 \text{ மில்லி பார்}$$

$101\ 325\ \text{Nm}^{-2}$ என்பது இயல் நிலவளி அழுத்தம் ஆகும்.

நிலவளி அழுத்தத்தையோ, அன்றி பிற கலங்களின் வளிம அழுத்தங்களையோ அளக்குங்கால், "நீர்க்கம்ப உயரம்" "இதட்கம்ப உயரம்" என்ற தொடர்கள் பயன்பெற்று வருகின்றன. ஒரு சதுரமீட்டர்ப் பரப்பில் ஒரு மில்லி மீடடர் உயரம் உள்ள நீர்க்கம்பம் அதன் நிறையால் ($1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{mm} = 10^{-3}\text{m} =^{3} 1\text{dm}^3 \rightarrow 1\text{kg}$) 1 kgf விசையைச் செயற்படுத்துகிறது. எனவே 20 kgf என எளிதாய் அளக்க வகை செய்கிறது.

படித்தர நிலவளி (standard atmosphere) என்றும் ஓர் அலகு பெரிதும் பயன்பட்டு வருகிறது. $13\ 595\ \text{kg m}^{-5}$ அடர்த்தியுள்ள இதனை 760mm உயரத்துக்குச் சமப்படுத்தும் வளிநிலை அழுத்தம் படித்தரநிலவளி என்று அழைக்கப்படுகிறது.

$$\text{அழுத்தம்} = hpg$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ படித்தரநிலவளி} &= 0.760 \text{ m} \times 13\ 595 \text{ kg m}^{-3} \times 9.806\ 65 \text{ m} \\ &= 0.101\ 325 \text{ MN m}^{-2} \\ &= 1.013\ \ 25 \text{ Mdyn/cm}^{-2} \end{aligned}$$

$$1 \text{ படித்தர நிலவளி} = 10^4 \text{ kgfm}^{-2} = 9.81^4 \times 10^4\text{Nm}^{-2}$$

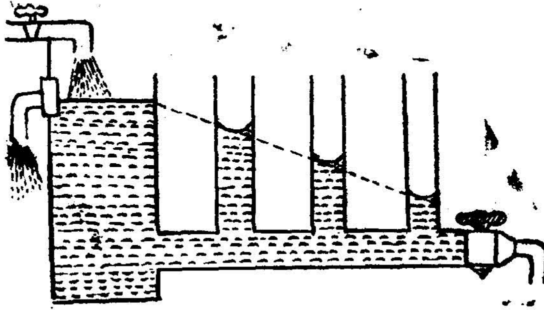
மீட்டர்-டன்-நொடி (MTS)த் திட்டத்தில் அழுத்தத்தின் அலகு பீய்சு (pieze--Pz)*

$$1\ Pz = 10^3\ Nm^{-2} = 10^4\ dyn/cm^2 = 0.01\ \text{பார்}$$

ஏனைய அலகு மாற்றங்களை அட்டவணையில் கண்டு கொள்ளலாம்.

8.4.6. அழுத்த வாட்டம் (pressure gradient)

வெவ்வேறு வடிவில் இருந்தாலும், தொடர்புற்ற கலங்களில் ஒரு நீரம் தன்மட்டத்தைக் கண்டுகொள்ளும் (a liquid find its own level). இது நிலையாய் உள்ள நீரத்துக்கு மட்டும்தான் பொருந்தும். பாய்ந்து கொண்டிருக்கும் நீரத்தில், தொலைவுக்குத் தகுந்தவாறு மட்ட உயரம் குறைந்து கொண்டே வரும் (படத்தைக் காண்க) எனவே இதில் ஓர் அழுத்தவாட்டம் உருவாகிறது. குழாயின் வழியே பாயும் பாய்மங்களின் அழுத்தம் பாய்ம ஓட்ட நீளத்தால் வகுக்கப்படும்போது கிடைப்பது அழுத்தவாட்டம்.



படம் 47. அழுத்தவாட்டம்

$$p\ \text{வாட்டம்} = \frac{p_1 - p_2}{l_2 - l_1}$$

பாய்வின் குறுக்குப் பரப்பு சீராக இல்லையெனில்

$$p\ \text{வாட்டம்} = \frac{dp}{dl}$$

$$[p\ \text{வாட்டம்}] = L^{-1}MT^{-2}L^{-1} = L^{-2}MT^{-2}$$

* கிரேக்கத்தில் piezein என்றால் 'அழுத்து' என்று பொருள்.

எனவே இதன் அலகுகள்

$$\text{SI இல்}, \frac{N}{m^2 m} = \frac{N}{m^3} = \frac{Kg}{m^2 s^2}$$

$$\text{cgs இல்}, \frac{dyn}{cm^3} = \frac{g}{cm^2 s^2}$$

விசைத் திட்டத்தில்

$$\frac{kgf}{m^1\ m} = \frac{kgf}{m^3}$$

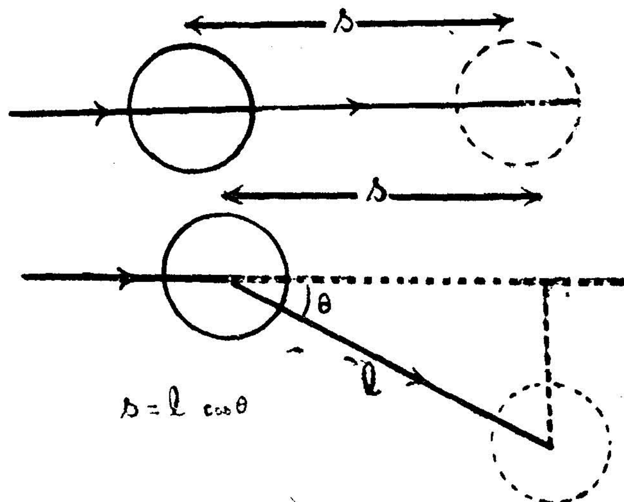
ஏனைய திட்டமில் அழுத்த அலகுகளை நீளத்தால் வகுத்தால் அழுத்தவாட்டம் கிடைக்கும்.

(எ-டு) $\frac{\text{நிலவளி}}{\text{மீட்டர்}}$; $\frac{\text{டாரி}}{\text{மீட்டர்}}$

$1\ Nm^{-3} = 0.1\ dyn\ cm^{-3}$; $1\ Kgf\ m^{-3} = 9.81\ Nm^{-3}$

8.4.7. வேலையும் ஆற்றலும் (work and energy *W, E, A,*)

ஒரு பொருளின் மீது சீரான விசை செயற்படும் போது அத்துகள் l தொலைவு நகர்ந்தால், செய்யப்பட்ட வேலை



படம் 48. ஒரே திசையில்வேலை

படம் 49. மாறிய திசையில் வேலை

$$W = Fl \cos \theta$$

இதில் θ விசைத் திசைக்கும் பொருளின் இயக்கத் திசைக்கும் இடைப்பட்ட கோணம்.

ஓரலகு விசை, விசைத் திசையில் ஓரலகு நீளத்தில் இயற்றும் வேலை ஓரலகு வேலை.

$$[W] \equiv LMT^{-2} \; L = L^2MT^{-2}$$

SI-இல் வேலையின் அலகு செளல்*((jouleJ)★ ஒரு நியூட்டன் விசை, அதன் திசையில் 1 மீட்டர் நகர்த்துகிற பணிசெய்தல் ஒரு செளல் ஆகும்.

$$1\ J = 1\ Nm$$

cgs-இல் 1 டைன் விசை, விசைத் திசையில் 1 சென்டிமீட்டர் நகர்த்தும் பணி 1 எர்கு (erg) எனப்படும்.

$$1\ \text{எர்கு} = 1\ dyn\ cm = 10^{-7}\ J$$

விசைத்திட்டத்தில் 1 கிலோகிராம் விசை 1 மீட்டர் நகர்த்தும் பணி 1 kgf m எனப்படும்.

$$1\ kgf\ m = 9.81\ J$$

வெப்பவியலில் வேலையின் அலகாக கலோரி, கிலோகலோரி என்ற வேலையலகுகள் பயன்பட்டுவந்தன. அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டப் பயன்பாட்டால் இவை ஒழிக்கப் பெறுகின்றன.

$$1\ \text{கலோரி} = 4.186\ 8\ J$$

1 கிலோகலோரி = 1000 கலோரி = 4 186.8 J இவற்றின் விளக்கத்தை வெப்பவியலில் காண்க.

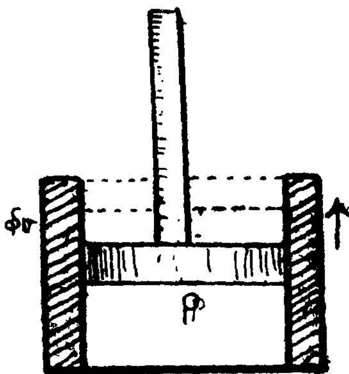
அழுத்தம் மாறாதபொழுது வளிமம் ஒன்று விரிவு அடைந்தால் (அல்லது சுருங்கினால்) வளிமம் செய்யும் வேலை.

$$W = pSV$$

இதில் p-அழுத்தம்; SV-பருமமாற்றம்

★ பண்டாரகர் சேம்சு பிரசுகாட் செளல் (Dr. James Prescott Joule 1818-1889) பெயரில் ஆன அலகு. Joule என்ற பெயர் dzu:l, dzəul, dzaul எனப் பலவாறாகப் பலுக்க (உச்சரிக்க)ப் பெறுகிறது. பர். செளல்-இன் உறவினர்கள் dzu:l என்றே பலுக்குகின்றனர். எனினும் Dr. Joule, dzaul என்றே பலுக்கியதாகக் கூறுவர், நாம் செளல்-ஐத் தற்போதைக்குத் தேர்ந்து கொள்ளலாம்.

1 நிலவளி யழுத்தத்தில் 1 லிட்டர் விரிவடையச் செய்யப் படும் வேலை 1 லிட்டர்-நிலவளி (litre-atmosphere) எனப்படும்.



படம் 50. வளிமத்தின் வேலை

1 லிட்டர்—நிலவளி

$= 10^{-3}$ m$^{3} \times 1.01325 \times 10^{5}$ Nm^{-2}

$= 101.325$ kJ (கிலோஜௌல்)

ஆற்றல் E, அது நிலைப் பாற்றலாய் Ep இருந்தாலும் சரி, இயக்க ஆற்றலாய் Ek இருந் தாலும் சரி, வேலையின் அலகா லேயே அளக்கப்பெறும்.

ஓர் அமைப்பின் மொத்த ஆற்றல் E = Ek + Ep

8.4.8. ஆற்றலடர்வு (energy density)

ஒரு மிதிவண்டியின் சக்கரத் தூம்பு* (tube) க்குள்ளோ அன்றி வளிம உருளை (gas cylinder) களுக்குள்ளோ காற்று அழுத்தி வைக்கப்படும்பொழுது, அதற்கான ஆற்றல் அதன் பருமத்தில் சீராகப் பரவிநிற்கும் அத்தகைய ஆற்றல் அடர்வு,

$$e = \frac{E}{V}$$

இதில் E-மொத்த ஆற்றல்; V-மொத்தப் பருமம்.

e யின் பரிமானம்,

$$[e] = L^{2}MT^{-2}\ L^{-3}\ L^{-1}MT^{2}$$

எனவே இதன் அலகுகள் முறையே Jm^{-3}; erg cm^{-3}; kgf m/m^{3} = kgf m^{-2}

ஆற்றலடர்வின் பரிமானம் அழுத்தத்தின் பரிமானம் ஆக விளங்குவதால், இவற்றின் அலகுகளும் ஒன்றாய் அமைகின்றன.

$$1 \text{ kgf m}^{-2} = 9.81 \text{ J m}^{-3}\ ;\quad 1 \text{ erg cm}^{-3} = 0.1 \text{ J m}^{-3}$$

* Greek. ergon = work

* தமிழ் : தூம்பு → tube

8.4.9. திறன் (power—*P*)

வேலைசெய்யப்படும் மேனி திறனே (மேனி=rate)

ஒரு கருவி, ஓரலகு நேரத்தில் ஓரலகு வேலைசெய்தால் அது ஓரலகுத் திறன் உடையது.

$$P = \frac{W}{t}$$

இதன் பரிமானம்,

$$[P] = L^2MT^{-2}\,T^{-1} = L^2MT^{-3}$$

SI-இல், ஒரு கருவி நொடியில் ஒரு சௌல் வேலை இயற்றினால் அதன் திறன் 1 வாட் (watt) $1\ W = J\ s^{-1}$

அங்ஙனமே, cgs-இல் $<P> = erg\ s^{-1}$
விசைத்திட்டத்தில் $<P> = kg\ m\ s^{-1}$

எல்லாத் திட்டங்களிலும் காலயிடையின் அலகு நொடியே யாதலால், திறனுக்கு வெவ்வேறு திட்டங்களில் ஆன அலகுச் சமானம், வேலையின் அலகுக்கு ஆனதே ஆகும்.

ஏனை திட்டமில் அலகுகள், வாட்-மணி (Wh), கிலோ வாட் மணி(KWh), மெகாவாட் மணி (MWh), முதலியன;

$1\ Wh = 3600J$; $1\ KWh = 3.6 \times 10^6 J = 3.6\ MJ$;
$1\ MWh = 3{,}600 GJ$.

கிலோகலோரி/மணி போன்ற திட்டத்துக்குப் புறம்பான வெப்ப அலகுகளும் நடைமுறையில் உள்ளன.

1 கிலோகலோரி/மணி = 1. 163W

குதிரைத்திறன்: வெய்யாவிச் சூழ்ச்சியத்தைக் (steam engine, கண்டுபிடித்த அறிஞர் சேம்சுவாட் (James watt *1736-1819*) அதனைச் சுரங்க நிறுவனங்களுக்கு விற்க முற்பட்டார்; அப்போது அந்தச் சுரங்கச் சொந்தக்காரர்கள், "உமது வெய்யாவிச் சூழ்ச்சியம் எத்தனை குதிரைகளின் வேலையை ஈடுகட்டும்?" என வினவினர். எனவே ஒரு குதிரை குறிப்பிட்ட காலத்தில் எவ்வளவு வேலையைச் செய்யும் எனத் தீர்மானிக்க வேண்டியதாயிற்று. இதற்காக, சேம்சுவாட், சுரங்க எந்திரத் தண்டுடன் (machine shaft) குதிரைகளைப் பூட்டி, அவை உஞற்றும் வேலையைக்

*wat சரியான 'உச்சரிப்பு': உவாட்

கொண்டு அவற்றின் திறனைக் கணித்தார். பல்வேறு செயல் முறைகளின் பின் ஒரு குதிரை சராசரியாக ஒரு நிமையத்தில் ''33000 அடி பவுண்டு'' சுமையை உயர்த்துகிறது என அறிந்தார். (ஒரு நிமையத்தில் சராசரியாக 330 பவுண்டை 100 அடி உயர்த்து வது போலக் கொள்க.) இது நொடிக்கு 550 அடி—பவுண்டு ஆகும். சராசரிக் குதிரைத் திறன் என்று பெயரிடப்பட்ட இந்த அலகை 1782 இல் சேம்சுவாட் தெரிவித்தார்.

1 குதிரைத்திறன் hp = 33 000 அடிபவுண்டு/நிமையம்
= 550 அடி பவுண்டு/நொடி
= 745. 700 வாட்

இது, ஈர்ப்பலகின் வழிவந்தது மட்டும் அல்லாமல் எந்த அடிப்படை அலகுடனும் பொருந்திவராத ஓர் ஓரியன்மையற்ற அலகு ஆகும். இதனை அறிந்த அளவீட்டு இயலார், சேம்சு வாட்டின் குதிரையை ஓட்டிவிட்டு, அதனிடத்தில் கண்டுபிடித்த அவர் பெயரையே இருத்தினர்.

குதிரையும் கழுதையும்: குதிரைத்திறன் மட்டும் அல்ல! திறனில் மூன்று கழுதை சேர்ந்தால் ஒரு குதிரையாகும்! அஃதாவது **கழுதைத்திறன்** என்று ஓர் அலகும் நிலவியது.

3 கழுதைத்திறன் = 1 குதிரைத்திறன்

அஃதாவது, 1 கழுதைத் திறன் = 250 w

பதின்முறை அலகுகள் தவிர்த்த பிறவற்றைச் சட்டத்தின் மூலம் நம் நாட்டில் அப்புறப்படுத்திய பின்னும் இந்தக் குதிரை(த்திறன்) இன்னும் வெளியேற மறுக்கிறது.

குதிரையில் இரு சாதி: குதிரையிலேயே, பிரித்தானிய மற்றும் அமெரிக்கக் குதிரைத்திறன் = 550 அடிபவுண்டு/நொடி
= 745.7 வாட்

பிரெஞ்சு (மெட்ரிக்) குதிரைத்திறன் = 75 kgf ms^{-1}
cheval vapeur cv = 736 w

என இரு 'சாதி'கள் இருந்தன.

cgs கணக்கீட்டில் பழகிப்போன நாம் திறன் பற்றிய எளிய ஒரு கணக்கீட்டை SI-இல் காணலாம்.

கணக்கு: மாந்தனின் நெஞ்சாங்குலை (heart), அரத்தப் பாய்குழல் வழியாக 130 mm இதன் அழுத்தத்தில் நிமையத்துக்கு

4 லிட்டர் அரத்தத்தைப் பாய்ச்சுகிறது. அரத்தத்தின் அடர்த்தி 1030 $kg\ m^{-3}$ எனில், நெஞ்சாங் குலையின் திறன் என்ன ?

இதளின் (mercury) அடர்த்தி அட்டவணைப்படி 13 546 $kg\ m^{-3}$ என்க.

செய்த வேலை = விசை × தொலைவு
= (அழுத்தம் × பரப்பு) × தொலைவு
= அழுத்தம் × பருமம்
= $h\rho gv$

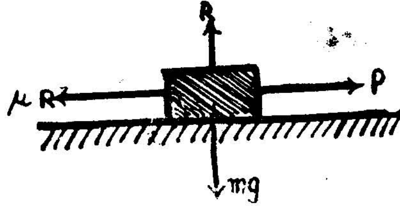
$$\text{திறன்} = \frac{\text{வேலை}}{\text{நேரம்}} = \frac{hPgv}{t}$$

$$= 1.130 \times 13546 \times 9.8 \times \frac{4 \times 10^{-3}}{} \times \frac{1}{60}$$

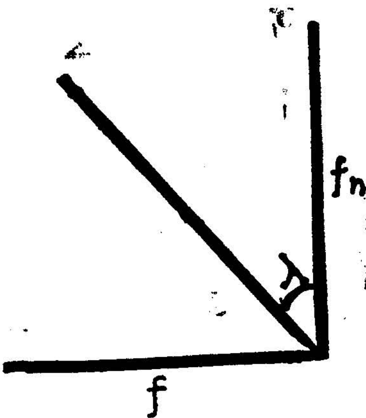
= 1.150 வாட்

8.4.10. உராய்வுக் குணகம் (coefficient of friction*-μ)

ஒரு தளத்தின் மீது ஒரு பொருள் நகரும் போது, இரு தளங்களுக்கு இடையே உருவாகும் தடைவிசை, உராய்வுவிசை (F) எனப் படும்.



படம் 51. உராய்வு



படம் 52. உராய்வுக் கோணம்

$$F = \mu\, Fn$$

இதில் Fn - தளத்துக்கு எதிரான அழுத்தத்தைத் தரும் விசை

μ - உராய்வு மாறிலி

உராய்வு மாறிலிக்கு எந்த அலகுத்திட்டத்திலும் பரிமானம் கிடையாது.

* 8.4.10; தமிழ் உராய்→frico friction.

8.4.11. தடைக் குணகம் (coefficient of resistance):

வளிமம், நீரம் போன்ற பிசிற* ஊடகத்துள் (viscous medium) நகரும் பொருளின் கதியை (திசைவேகத்தை)ப் பொறுத்து, ஒரு தடைவிசை அப்பொருளின்மீது செயல்படுகிறது. குறைந்த கதிகளில் இந்த விசை, கதிக்கு நேர்த் தகவுடையதாய் இருக்கும். எனவே

$$F = rv$$

இதில் r-தடைக் குணகம். இது ஊடகத்தின் பண்பு, பொருளின் வடிவம், பரிமானம் முதலியவற்றைப் பொறுத்தது.

$$[r] = LMT^{-2} (LT^{-1})^{-1} = MT^{-1}$$

இதன் அலகுகள் $Nsm^{-1} = kgs^{-1}$; $dyn\ s\,cm^{-1} = g\,s^{-1}$ நொடியின் அலகு எத்திட்டத்திலும் மாறாததால், மேற்குறித்த அலகுகளுக்கு இடையே யுள்ள தொடர்பு முற்றொத்தது ஆகும்.

8.4.12. தொய் வியன்மை (flexibility)

ஒரு நெகிழ்வமைப்பின் மீது, புறவிசை செயற்பட்டால், நெகிழ்வமைப்பு உருமாறுகிறது. கூக் (Hook) நெறிக்கு உட்படும் போது, நீளவாக்க உருத்திரிபு $\triangle x$, செயற்படுகின்ற விசை f-க்குத் தகவுடையது.

$$\triangle x = Kf$$

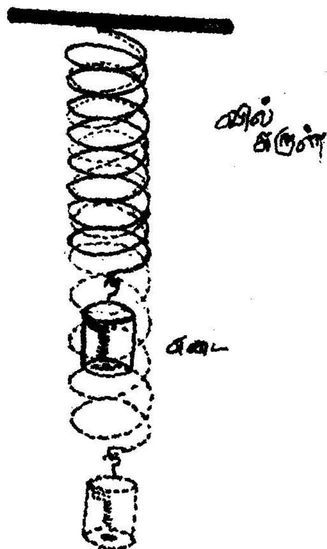
மாறிலி, K அவ்வமைப்பின் தொய் வியன்மை எனப்படும்.

$$[K] = L\,[LMT^{-2}]^{-1} = M^{-1}T^{2}$$

இதன் அலகுகள்,

SI இல் mN^{-1}

cgs இல் $cm\ dyn^{-1} = 1\ km\ N^{-1}$



படம் 53. தொய்வியன்மை

விசைத்திட்டத்தில், $1\ m(kgf)^{-1} = (1/9.81)\ mN^{-1} = 0{\cdot}102\ mN^{-1}$

* 8.4.11; 8.5.13 இன் அடிக்குறிப்பைக் காண்க.

8.4.13. விசையின் சுழலம் *(moment of force—M)

புள்ளியைப் பற்றிய விசையின் சுழலம்
புள்ளியைப் பற்றிச் சுழற்றும் திறனே!

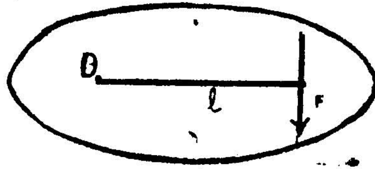
இது, புள்ளிக்கும் விசைக்கோட்டுக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவை விசையால் பெருக்கக் கிடைக்கும்.

$$M = Fl$$

எனவே ஓரலகு விசை, ஓரலகு நீளம் உள்ள விசைக்கரத்தால் பெறுவது ஓரலகுச் சுழலம். சுழலத்தின் பரிமானம்.

$$[M] = L^2MT^{-2}$$

இந்தப் பரிமானம், வேலை அல்லது ஆற்றலுடன் முற்றொத்து இருந்தாலும்கூட, இவற்றுக்கும் சுழலத்துக்கும் எவ்வகைத் தொடர்பும் கிடையாது. வேலையோ அன்றி ஆற்றலோ திசையுளி (vector) அல்ல; ஆனால் திசையுளியாகும்.



படம் 54. விசையின் சுழலம்

வேலைக்கான அலகை உருவாக்கிய அதே அடிப்படையில் சுழலத்தின் அலகையும் உருவாக்க வேண்டும். எனினும் எர்கு, செளல் முதலிய அலகுகளைப் பயன்படுத்தலாகாது. மாறாக, Nm, dyn, cm, kgf m என்ற அலகுகள் பயன்படுத்தப் பெறும்.

8.4.14. இயக்கச் சடமைச் சுழலம் (dynamic moment of inertia)

ஒரு திண்மத்தின் சடமைச் சுழலம்

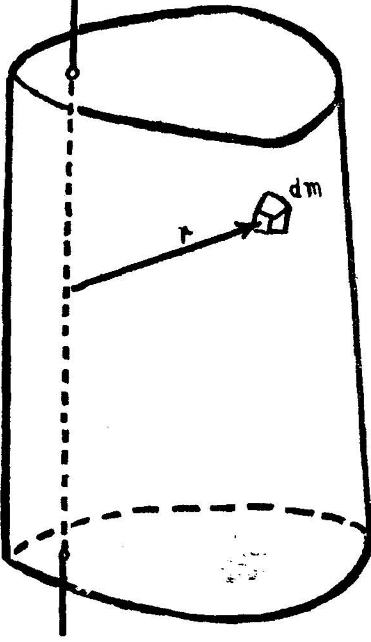
$$I = \int_0^V r^2\, dm$$

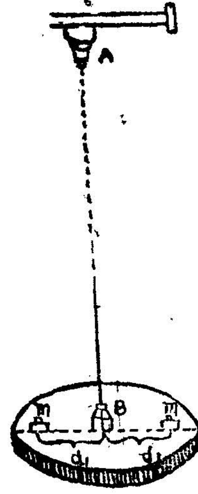
இதில் சுழல் அச்சில் இருந்து r தொலைவில் உள்ள நிறையின் நுண்பகுதி dm. எனவே I-இன் பரிமானம்

$$[I] = L^2M$$

* 8.4.12. சுழலம் = சுழல் + அம், அம் - பெருமைப்பொருட் பின்னொட்டு (augmentative suffix). சுழலம் என்ற ஒரே சொல் முன்னர் சுழற்றுதிறன் திருப்புதிறன் என வழங்கப்பட்டது.

ஓரலகு நிறைக்கூறு சுழல் அச்சில் இருந்து ஓரலகுத் தொலை வில் உள்ள போதான சடமைச் சுழலம், ஓரலகுச் சடமைச்





படம் 55. இயக்கச் சடமைச் சுழலம் படம் 56. முறுக்கு ஊசல்

சுழலம் எனப்பெறும். இதன் அலகுகள் ஆவன :

$$kg\ m^2;\ gcm^2;\ tum\ m^2$$

அலகுகளுக்கு இடையிலான தொடர்புகள் :

$$1\ g\ cm^2 = 10^{-}\ kg\ m^2$$
$$1\ tum\ m^2 = 1\ kgf\ m\ s^2 = 9.81\ kg\ m^2$$

SI அலகீட்டைப் பயன்படுத்திப் பயிற்சியுற, சடமைச் சுழலத்துக்கான ஒரு செய்முறைக் கணக்கீட்டைக் கவனிக்கலாம் :

கணக்கு: ஒரு முறுக்கு ஊசலின் வட்டில் எடையேதும் இல்லாத பொழுது அதன் அலைவு நேரம் T = 21 நொடி ; இரு சமநிறைகள் ($2m = 0.4205g$), மையத்தில் இருந்து $d_1 = 25$ mm தொலைவில் சமச்சீராக இருந்தபோது அலைவு நேரம் $T^1 = 21.51$ நொடி; அந்நிறைகள் 60 mm தொலைவில் இருந்தபோது

அலைவு நேரம் $T_2 \equiv 24.75$ நொடி என்றால் மையப் புள்ளி வழியிலான அச்சைப் பற்றிய வட்டின் சடமைச் சுழலத்தைக் காண்க,

$$T = 21r: T_1 = 21.51s: T_2 = 24.75s$$
$$(T_1+T_2) = 46.268: (T_1-T_2) = 3.24s$$

$$d_2 = 60 \text{ mm}; d_1 = 23 \text{ mm}$$

$$(d_2+d_1) = 83 \text{ mm} = \underline{0.083\text{m}}$$

$$(d_2-d_1) = 37 \text{ mm} = \underline{0.037\text{m}}$$

$$I = \frac{T^2}{(T_2+T_1)(T_2-T_1)} \times 2m(d_2+d_1)(d_2-d_1)$$

$$= \frac{21s \times 21s}{46.26s \times 3.24s} \times 0.4205 \text{ kg} \times 0.083\text{m} \times 0.037\text{m}$$

$$\underline{= 3.799 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2}$$

8.4.15. விசைச் சுழலத்தின் கணத்தாக்கு (impulse of a moment of force)

குறித்ததோர் அச்சைப் பற்றிய விசைச் சுழலத்தின் கணத்தாக்கு, விசைச் சுழலத்தை நேரத்தால் பெருக்கக் கிடைக்கும்.

$$Mt = \text{Flt}$$

எனவே இதன் பரிமானம்

$$[Mt] = \text{LMT}^{-2}\,\text{LT} = \text{L}^2\text{MT}^{-1}$$

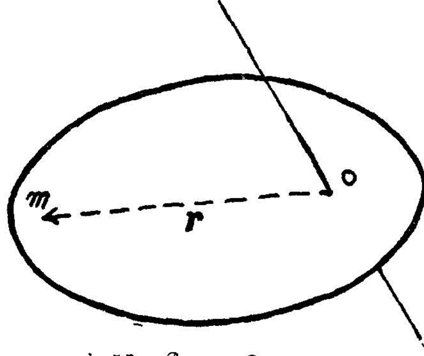
ஓரலகு நேரத்தில் ஓரலகு விசைச் சுழலத்தின் கணத்தாக்கு, ஓரலகுக் கணத்தாக்கு—ஆகக் கொள்ளலாம். இதன்படி SI இல் இதன் அலகு <Mt> = Nms

SI : Nm s = kg m (m/s) = kg m^2s^{-1}
cgs : dyn cm s = g cm (cm/s) = g cm^2s^{-1}
விசைத் : kgf m s = tum m m,s = tum m^2s^{-1}

நேரத்தின் அலகு மாறாததால், இத்திட்ட அலகுகளுக்கு இடையிலான தொடர்பு வேலை அல்லது சடமைச் சுழலத்தின் அலகுகளுக்கு இடையிலான அதே தொடர்புதான்.

8.4.16. கோண உந்தம் அல்லது கோண இயக்கத்திணிவு (angular momentum—L)

கோண இயக்கத்திணிவு, இயக்கத்திணிவின் சுழலம் என்றும் வழங்கப் பெறும். ஓர் அச்சைப் பற்றிச் சுழலும் துகளின் கோண இயக்கத்திணிவு, அதன் இயக்கத்திணிவையும், அச்சில் இருந்து அதன் தொலைவையும் பெருக்கக் கிடைக்கும்.



படம் 57. கோண இயக்கத் திணிவு

$$L = pr = mvr$$

நீளகதி, கோணகதியில் கூறப்பட்டால்

$$v = \omega r$$

எனவே,

$$L = mr^2\omega = I\omega$$

ஆக, கோண இயக்கத்திணிவு, அச்சைப் பற்றிச் சுழலும் புள்ளியின் சடமைச் சுழலத்தையும், கோணகதியையும் பெருக்கக் கிடைக்கும். இதன் பரிமானம்

$$[L] = M\,LT^{-1}\,L = L^2MT^{-1}$$

விசைச் சுழலத்தின் கணத்தாக்குக்கு உரிய பரிமானத்தையே முற்றொத்து உள்ளது.

அலகுகளைப் பொறுத்தவரை, விசைச் சுழலத்தின் கணத்தாக்குக் கூறியவை இதற்கும் முற்றிலும் பொருந்தும்.

8.4.17. செயல் அல்லது வினை (action)

ஆற்றலையும் அது செயற்படும் காலத்தையும் பெருக்கக் கிடைக்கும் வினை என்ற கணிசம், பகுப்பாய்வு விசையியல்

(analytical mechanics), குவாண்டம் விசையியல் (quantum mechanics) முதலான பலதுறைகளில் பயன்பெறுகிறது. இதன் பரிமானமும் L^2MT^{-1} தான்; அஃதாவது கோண இயக்கத் திணிவு அல்லது விசைச் சுழலக் கணத்தாக்கின் அதே பரிமானம் தான். அதற்குறிய Nms முதலான அதே அலகுகளால் அளக்கப் படுகிறது.

8.4.18. பொருண்மைப் பாய்வு (mass flow Qm):

வளிமம், நீரம் ஆகியவற்றின் பாய்வை ஆயுங்கால், பருமளவுப் பாய்வடர்த்தியுடன் பொருண்மைப் பாய்வு என்ற கணிசமும் கருதப்பெறுகிறது. ஓரலகு நேரத்தில் ஓரலகு நிறையுள்ள பாய்மப் பாய்வை இதன் அலகாகக் கொள்ளலாம்.

$$[Qm] = MT^{-1}$$

இதன் அலகுகள் முறையே kgs^{-1}; gs^{-1}; tum s^{-1} = 1 kgfs m^{-1} நேரத்தின் அலகு எல்லாத் திட்டங்களிலும் நொடியே யாதலால், இதன் அலகுகளுக்கு இடையிலுள்ள தொடர்பு, நிறையின் அலகுகளுக்கு இடையிலான அதே தொடர்பே ஆகும்.

8.4.19. பொருண்மைப் பாய்வு அடர்த்தி (mass flow density —qm)

பருமளவுப் பாய்வுமேனி அடர்த்தியை ஒத்தது, பொருண்மைப் பாய்வடர்த்தி. ஓரலகுப் பரப்பின் ஊடான பொருண்மைப் பாய்வே அதன் பாய்வடர்த்தி ஆகும்.

$$[qm] = MT^{-1} L^{-2} = L^{-2} MT^{-1}$$

இதன் அலகுகள்: kg m^{-2} s^{-1}; g cm^{-1} s^{-1}; tum m^{-2} s^{-1}

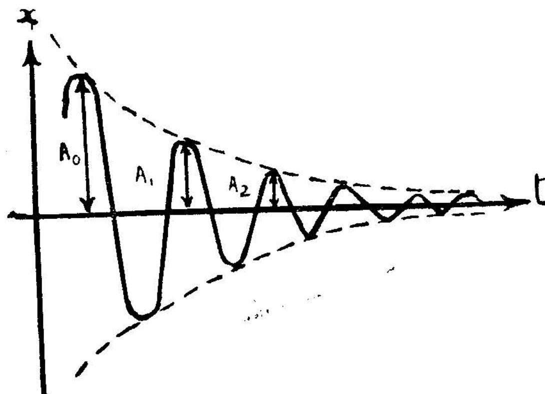
8.4.20. அதிர்வியக்கத்தின் இயக்கப் பண்புகள் (dynamic characteristics of oscillatory motion):

அடுக்கம், முறைமை, கட்டம். வீச்சு போன்ற ஓர் அலைவமைப்பின் பண்புகள், இயக்க அளவியல் கணசங்களான அடுக்கம், முறைமை, சுட்டம், வீச்சு போன்றவற்றை மட்டுமன்றி, நிலைப்பாற்றல், இயக்கவாற்றல் போன்ற பல விசையியக் கவியற் கணிசங்களையும் பொறுத்தது. ஒவ்வொர் அலைவமைப்பும் மெலிப்பு (attenuation) அல்லது தடையூட்டத்துக்கு உட்படுவதால் புறவிசையில்லாத பொழுது அதன் இயக்கம்

$$x = A_0 e^{-St} \sin(\omega t + \Phi)$$

என்ற சமன்பாட்டால் வரையறுகப்படுகிறது. இதில்

x—நடுநிலையில் இருந்தான விலக்கம்
e—இயல்மடக்கையின் 'அடி'
ω—கோணகதி
ψ—தொடக்கக் கட்டம்
s—தடையூட்டக் கூற்றெண்



படம் 58. அதிர்வியக்கத்தின் இயக்கப் பண்புகள்

தடையூட்டக் கூற்றெண்ணின் பரிமானம்

$$[S] = T^{-1};\ \text{எனவே}\ s\langle S\rangle = s^{-1}$$

மடக்கையத் தடையூட்டக் குறைவு (logarithmic damping decrement — X) என்-உம் மெலிப்பும்

$$X = St$$

எனத் தொடர்புற்றவை. t - அலைவு நேரம் எனவே.

$$[X] = T^{0} = \text{பரிமானமில்லை.}$$

மேலும் மடக்கையத் தடையூட்டக் குறைவு, அடுத்தடுத்த இரு வீச்சுகளின் தகவின் இயல்மடக்கைக்குச் சமம் எனக் காட்டலாம். ஓர் அலைவமைப்பின் இன்னொரு முக்கியப் பண்பு, அதன் தன்மை Q ஆகும்.

$$Q = 2\pi \frac{E_t}{E_e}$$

இதில் E_t — ஒத்தியையின் போது இவ்வமைப்பின் மொத்த ஆற்றல்

E_e — ஒரு முறைமை (period)யில்ஆன ஆற்றல் இழப்பு.

Q, ஒரு பரிமானமில் கணிசம் எனப் பார்த்தவுடனே தெரிகிறது. இவ்வமைப்பின் நெகிழ்வியன்மை *K* எனின்

$$Q = \frac{1}{2\sqrt{km}}$$

8.5. பொருட் பண்பியல் அலகுகள்
Units of properties of matter

வேறுபட்ட பண்புகளும், மாறுபட்ட தன்மைகளும் கொண்ட எண்ணற்ற பொருள்களை அன்றாடம் நடைமுறையில் கண்ணுறுகிறோம்: ஒவ்வொரு பொருளும் அதன் உள்ளான அமைப்புகளிலும், கணக்கற்ற மாறுபட்ட தன்மைகளை உள்ளடக்கியுள்ளது. இவற்றை அறிவியல் ஆய்வுக்குப் உட்படுத்திய அளவுகளும், அதன் அலகுகளும் வரம்பின்றிப் பெருகியுள்ளன.

ஒரு தனிப்பொருளைக் கருதினாலும் கூட, அதன் மூலக்கூற்று அமைப்பிலும், அது தோன்றும் முறையிலும் பலவகையான மூலக்கூற்றுப் பண்புகள் அடங்கியுள்ளன. அவற்றுள் சில அலகுகளைக் காணலாம்.

8.5.1. அடர்த்தி (density*—(அல்லது பொருண்மை அடர்த்தி ஓர்அலகுப் பருமநிறையே அடர்த்தி

$$\text{அடர்த்தி } \rho = \frac{\text{நிறை}}{\text{பருமம்}} = \frac{m}{v}$$

சமச்சீராய் அமைந்த பொருளின் ஓரலகுப் பருமத்தின் ஓரலகு நிறை **ஓரலகு அடர்த்தி** எனப்படும்.

$$[\rho] = ML^{-3}$$

எனவே, SI இல் $<\rho> = kg\ m^{-3}$

cgs இல் $<\rho> = g\ cm^{-3} = 10^3 kg\ m^{-3}$

விசைத்திட்டத்தில் $<\rho> = kgf\ s^2\ m^{-4} = tum\ m^{-3}$

வளிம அடர்த்தி, **கிராம்/லிட்டர்** என்ற அலகில் குறிப்பிடப்பட்டு வருகிறது.

$$1 \text{ கிராம் / லிட்டர்} = 1\ kg\ m^{-3}$$

*8.5.1. தமிழ்: திண் (மை) → **Latin** densus—densedensity. அடர்த்தி என்பதற்குப் பதிலாகத் 'திண்மை' என்பது 1, பொருட்பொருத்தத்துடன் வேர்ச்சொற் பொருத்தமும் உடையது.

ஒப்படர்த்தி (relative density—d); ஒரு பொருளின் அடர்த்திக்கும் உச்ச அடர்த்தி (4°C) யில் உள்ள நீரின் அடர்த்திக்கும் உள்ள தகவு ஒப்படர்த்தி எனப்படும். ஒப்படர்த்தி பரிமான மற்றது என்பது தெரிந்ததே.

ஒப்படர்த்தியைக் குறிக்கும் இன்னொரு ஆங்கிலத் தொடரான specific gravity என்பது தவறான சொல்லாட்சி உடையது. இந்தத் தொடர் களையப்படவேண்டும்.

cgs அலகுத்திட்டத்தில் அடர்த்தி, ஒப்படர்த்தி இவற்றின் எண்மதிப்பு மாறாமல் விளங்கின. ஆனால் SI இல்

$$\frac{\{p\}}{\{d\}} = 1000$$

எனவே. SI-இல் இயன்றவரை ஒப்படர்த்தி என்ற கணிசத்தைத் தவிர்ப்பது நல்லது; அடர்த்தியையே வழங்குவது பயன் உடையது.

8.5.2. தனிப்பருமம் (specific volume-v)

ஓர் அலகு நிறைப்பருமம் தனிப் பருமம்

ஓர் அலகு நிறையுள்ள பொருள் அடைக்கும் பருமளவு அப்பொருளின் தனிப்பருமம் எனப்படும். இது அடர்த்தியின் தலைகீழ் மதிப்பு என்பது வெளிப்படை

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m}$$

எனவே அடர்ந்தி அலகுகளின் தலைகீழ்ப்பே இதன் அலகுகள். இவ்வாறே இதன் பரிமானம்

$$[v] = L^3M^{-1}$$

8.5.3. எடையடர்த்தி அல்லது விசையடர்த்தி *(force density-γ):

ஒரு பொருளின் மீது செயற்படும் விசையை அதன் பருமத்தால் வகுக்கக் கிடைப்பது விசையடர்த்தி.

$$\gamma = \frac{F}{V}$$

* 8.5. 1,2,3: தனி (specific) என்ற முன்னொட்டுக்கு "எடையால வகுபடும்" என்று பொருள். 6.6.1. ஐக் காண்க.

*8.5.3 இதற்கான ஆங்கிலச் சொல்லான specific weight என்பது பொருந்தாது; weight density எனக் கூறலாம்.

$F = mg;\ m/v = \rho$ என்பதால்

$$\gamma = \frac{mg}{v} = \rho g$$

இதன் பரிமானம்

$$[\gamma] = ML^{-3}\,LT^{-2} = ML^{-2}T^{-2}$$

இதனையே விசையலகுத் திட்டப் பரிமானத்தில் அளப்பின்

$$[\gamma] = ML^{-2}T^{-2} = LMT^{-2}\ L^{-3} = FL^{-3}$$

எனவே, எடையடர்த்தியின் அலகுகள் முறையே

$$Nm^{-3};\ dyn\ cm^{-3};\ kgfm^{-};$$

SI-இல் நீரின் அடர்த்தி *1000* kgm^{-3}; எடையடர்த்தி *9800*Nm^{-3}
cgs இல் ,, ,, *1* g cm^{-3}; ,, *980* dyn cm^{-3}

எடையடர்த்தி, பொதுவாக கிலோகிராம் விசை/லிட்டர்; கிராம்விசை/செமீ³ என்ற அலகுகளால் அளக்கப் பெறுகிறது. இந்த அலகுகள் அந்தந்தத் திட்டங்களில் 4C°-இல் உள்ள நீரின் அடர்த்தியே.

ஒரு பொருளின் ஓரலகுப் பருமம், பூமியை நோக்கி ஓரலகு விசையால் ஈர்க்கப்பட்டால், அப்பொருள் ஓரலகு எடையடர்த்தி உடையது எனப்படும்.

எடையடர்த்தியின் அலகாக $gfcm^{-3}$ அல்லது kgf/லிட்டர் என்பவற்றின் எண்மதிப்பு முறையே, அடர்த்தியின் எண்மதிப்பான gcm^{-3} அல்லது *1* kg லிட்டர்-உக்குச் சமம்.

8.5.4. ஒப்பு மூலக் கூற்று நிறை (relative molecular mass)

ஒப்பு மூலக்கூற்றுநிறை என்பது, ஒரு பொருளின் குறித்த ஓரிடகணுக் கூட்டின் (isotopic composition) ஒரு மூலக்கூற்றின் சராசரி நிறைக்கும் $^{12}_{6}$ அணுவின் *1/12* பாக நிறைக்கும் உள்ள தகவு ஆகும். அஃதாவது, ஒரு மூலக்கூற்றின் அனைத்து அணுக்களின் அணு நிறை மொத்தமே ஒப்புமூலக்கூற்று நிறை. இது **ஒருங்கிணைந்த அணு நிறையலகு** (unified atomic mass unit) என்ற அலகால் அளக்கப்படும்.

1 அணு நிறையலகு (amu) = *1.660 43* $\times 10^{27}$ kg இதன் விளக்கத்தை *2.2,12*-இலும், *13.1.1.* இலும் அறிக.

8.5.5. மூலக்கூற்றுப் பருமம் (molecular volume)

ஒரு பொருளின் ஒரு மோல் அடைக்கும் பருமம், அப் பொருளின் மூலக்கூற்றுப் பருமம் எனப்படும். அஃதாவது, பொருளின் ஒப்பு மூலக்கூற்று நிறையை அதன் அடர்த்தியால் வகுக்கக் கிடைக்கும்.

1 நிலவளி யழுத்தத்தில் 0° செல்சியசில் (273.15K)—அஃதாவது படித்தர நிலவளி வெப்பநிலையில் உள்ள மூலக்கூற்றுப் பருமம் **படித்தர மூலக்கூற்றுப் பருமம்** எனப்படும். இப்பருமம் மோலுக்கு 22.42 லிட்டர் $= 22.42 \times 10^{-3} m^3$

8.5.6. நெகிழ்வுக் குணிதம் *(modulus of elasticity-E)

$$\text{நெகிழ்வுக் குணிதம்} = \frac{\text{அழுத்தத் தகைவு}}{\text{திரிபு}}$$

எடுத்துக்காட்டாக *l* நீளக் கம்பியின் குறுக்குப் பரப்பில் (*A*) ஒரு விசை *F* செயற்படுவதால், கம்பி நீளம் δl நீளுகிறது என்க.

$$\text{அழுத்தத் தகைவு} = \frac{F}{A} \ ; \ \text{திரிபு} = \frac{\delta l}{l}$$

எனவே,

$$\text{நெகிழ்வுக் குணிதம் } E = \frac{F/A}{\delta l/l}$$

நீள விரிவைக் கருதுங்கால், இது எங் குணிதம் (young's modulus) எனப்படும்.

இதன் பரிமானம்,

$[E] = LMT^{-2} (L)^{-2} = L^{-1}MT^{-2}$

இதன் அலகுகள்

ST இல் $<E> = Nm^{-2}$
cgs இல் $<E> = dyn\ m^{-2}$
விசைத் திட்டத்தில் $<E> = kgf\ m^{-2}$

*8.5.6: குணிதம்-modulus; குணகம்-coefficient
மாறிலி-constant; கூற்றெண்-factor
எண்-number

8.5.6: elastic-நெகிழ்வு;
plastic-நெகிழ்வு.
reflection-மீட்சி

கம்பிய இயலில் (engineering) இது, பொதுவாக kgf cm^{-2} அல்லது kgf mm^{-2} என்ற அலகில் அளக்கப்பட்டு வந்தது. இது $1m^2$, $1cm^2$, அல்லது $1mm^2$ முகப்பரப்புள்ள கம்பி, கூக்நெறிக்கு உட்பட்டு, தொடக்க நீளத்தைப் போல் சமநீளம் நீட்டுவதற்கு ஆகும் எடை ஆகும்.

பட்டப்படிப்புக்குரிய நெகிழ்வுக் குணிதச் செய்முறைக் கணக்குகள் இரண்டை SI-இல் காணலாம்.

கணக்கு 1 : 2.640 மீட்டர் நீளம் (l) உள்ள ஒரு கம்பியின் குறுக்குப் பரப்பில் (A) 2kg எடை (m)க்கு அக்கம்பியின் சராசரி நீட்சி (s) 1.625mm கம்பியின் விட்டம் (2r) 0.45mm எனின், அக் கம்பிப் பொருளின் எங்குணிதத்தைத் தீர்மானி.

$g = 9.8\ ms^{-2}$ என்க; $l = 2.640m$; $m = 2kg$
$2r = 0.45mm$ அல்லது $r = 0.225 \times 10^{-3}m$; $\delta l = 1.625 \times 10^{-3}m$

எங்குணிதம், $E = \dfrac{F/A}{\delta l/l}$

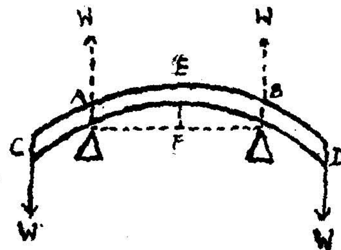
$$= \frac{mg/\pi r^2}{\delta l/l}$$

$$= \frac{gl}{\pi r^2} \times \frac{m}{\delta l}$$

$$E = \frac{9.8 \times 2.640}{\pi(0.225 \times 10^{-3})^2} \times \frac{2}{1.625 \times 10^{-3}}$$

$$= 2.002 \times 10^{11}\ N\ m^{-2}$$
$$= 200.2 \times 10^9\ N$$
$$= 200.2\ GNm^{-2}$$

கணக்கு 2 : 20.45 mm அகலமும், 5.44mm தடிமமும் உள்ள ஒரு சட்டம் 0.69m இடைவெளியில் இரு உளி முனைகளால் சமச்சீராகத் தாங்கப் பெறுகிறது. உளி முனைகளின் வெளிப்புறத்தில் சட்டத்தின் இருபுறமும் 100mm தொலைவில் 1kg நிறைகள் சமச் சீராகத் தொங்கவிடப் படும்போது, சட்டத்தின் மையம் சராசரியாக 1.144mm (y) உயர்கிறது. இச்சட்டப்பொருளின் எங்குணிதம் என்ன?



படம் 59. சீரிய வளைப்பு

$$E = \frac{3mgal^2}{2bd^3y}$$

m = 1kg; g = 9.8 ms^{-2} (என்க); Q = 100mm = 0.100m

l = 0.69m; b = 20.45mm = 0.02045m

d = 5.44mm = $5.44 \times 10^{-}$ mm; y = 1.144mm = 1.144×10^{-3}

$$E = \frac{3 \times 1 \times 9.8 \times 0.10 \times (0.69)^2}{2 \times (0.02045)\ (5.44 \times 10^{-3})^3\ 1.144 \times 10^{-3}}$$

$= 1.858 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$

$= 18.58 \times 10^9\ Nm^{-2}$

$= 18.58 GNm^{-2}$

கொடுக்கப்பட்ட சட்டப்பொருளின் எங்குணிதம் 18.58 GNm^{-2}

8.5.7. அகற்சிக் குணகம் (extension eoefficient—α)

நெகிழ்வுக் குணிதத்தின் தலைகீழ்க் கணிசமே அகற்சிக் குணகம் ஆகும். இது, கூக் நெறியில் உள்ள மாறிலியே யன்றி வேறன்று. ஒருதிசை நீளவாகு விசைக்கு உட்படுத்தப்படும் ஒரு திண்மத்தின் உருத்திரிபு,

$$\delta l = \alpha\ \frac{Fl}{A}$$

இதில் α — அகற்சிக் குணகம். இதன் பரிமானம், நெகிழ்வுக் குணிதப் பரிமானத்தின் தலைகீழ்ப்பே.

$$[\alpha] = LM^{-1}T^2$$

அங்ஙனமே, இதன் அலகுகள், m^2N^{-1}; cm^2dyn^{-1}; m^2 kgf என்பது தெளிவு.

8.5.8. சறுக்குக் குணிதமும், சறுக்குக் குணகமும்* (shear modulus and shear coefficient G & αs)

எங்குணிதம், அகற்சிக் குணகம் இவற்றை ஒப்ப சறுக்குக் குணிதத்தையும் சறுக்குக் குணகத்தையும் வரையறுக்கலாம்.

$$\text{சறுக்குக் குணிதம், } G = \frac{\text{சறுக்குத்தகைவு}}{\text{சறுக்குத் திரிபு}} = \frac{F/A}{\phi}$$

φ சறுக்குக் கோணம். சறுக்குக் குணிதத்தின் பரிமானம்

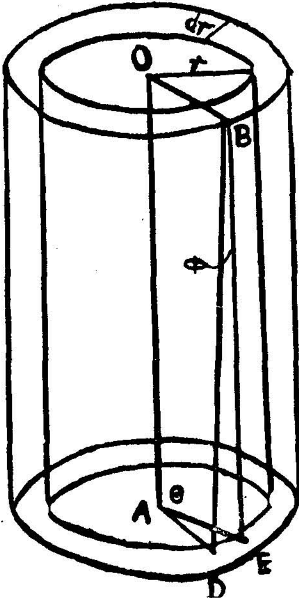
*8. 5. 8. coefficient is the reciprocal of modulus
"குணிதமும் குணகமும் தலைகீழ்த் தகவின்"

$$[n] = L^{-1}MT^{-2}$$

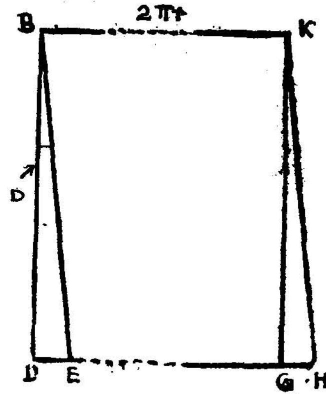
அங்ஙனமே, சறுக்குக் கோணத்தின் பரிமானம்

$$[\alpha s] = LM^{-1}T^{2}$$

8.5.6, 8.5.7 இல் குறித்த அதே அலகுகளை இதற்கும் கைக் கொள்ள வேண்டும்.



படம் 60. சறுக்குக் குணிதம்



படம் 61. சறுக்குக் கோணம்

8.5 9. பருமக் குணிதமும், பருமக் குணகமும் (bulk modulus and bulk coefficient—K & α_b)

இவை யிரண்டும் முன்னவற்றை முற்றொத்தனவே.

8.5.10. பாய்சான் தகவு (Poisson's ratio—μ, γ)

நீளவாகு அழுத்தம், அதன் திசையில் பொருளை நீட்டும் போது, அடுத்த இரு பக்கவாகுத் திசைகளில் பொருளைச் சுருக்கு கிறது. எனவே

$$\frac{\text{பக்கவாகுச் சுருக்கத் திரிபு}}{\text{நீளவாகு விரிவுத் திரிபு}} = \mu$$

ஒரு பரிமானமில் மாறிலியாகும். இந்த மாறிலி பாய்சான் தகவு எனப்படும்.

8.5.11 இறுகியன்மை (compressibility)

பொருள்களின் மீது விசையைச் செயற்படுத்தி அவற்றை விரிவிப்பது போலவே, இறுக்கவும் செய்யலாம். திட, நீர (திரவ), வளிம நிலைகளில் உள்ள எல்லாப் பொருள்களையும் இறுகியன் மைக்கு உட்படுத்தலாம். இத்தகைய இறுகியன்மை என்பது, ''பருமக் குணிதத்தின் தலைகீழ்ப்பே. அஃதாவது இறுகியன் மையை 'பருமக்குணகம்' எனலாம். எனவே, இறுகியன்மையின் பரிமானம்.

$$[\propto e] = LM^{-1}T^{2};$$

அலகுகள் m^2N^{-1}; $cm^2\ dyn^{-1}$; $m^2\ kgf^{-1}$ என்பவையே

8.5.12. கம்பிப்பு இயன்மை (ductility)

மென்கம்பியாக்கப்படும் ஒரு பொருளின் கம்பிப்பியன்மை, அதன் ஓரலகு முகப்பரப்பில் செய்யப்படும் வேலையால் அளந் தறியப்பெறும்.

$$d = \frac{W}{A}$$

$$[d] = L^2MT^{-2}L^{-2} = MT^{-2}$$

இதன் அலகு, SI இல் Jm^{-2}; cgs-இல் $erg\ cm^{-2}$; விசைத்திட் டத்தில் $kgf\ m/m^2$

$$1\ \text{எர்கு}\ cm^{-2} = 10^{-3}\ J\ m^{-2}$$
$$1\ kgf\ m/m^2 = 9.8\ J\ m^{-2}$$

8.5.13. விசையியக்கவியற் பிசிறியம் *(viscosity or coefficient of internal friction-η)

சீராகப் பாயும் ஒரு பாய்மத்தின் அக உராய்வுவிசை

$$f = -\eta A \frac{dv}{dl}$$

இதில் விசை செயற்படும் பரப்பு A; கதிவாட்டம் dv/dl; மாறிலி η —பிசிறியம் அல்லது பாகியற் குணகம் எனப்படும். இதன் பரிமானம்,

8. 5. 13. தமிழ்: பிசின் viscin

எனவே viscosity என்பதற்குச் சரியான சொல் பிசிறம் நாம் பிசிறத்தன்மை யைத்தான் கருதுகிறோமேயன்றி பாகுநிலையை யல்ல.

viscosity × fluidity
பிசிறியம் × பாய்வியம்

$$LMT^{-2} = [\eta] L^2 (LT^{-1}) (L)^{-1}$$

அல்லது $\eta = L^{-1}MT^{-1}$

ஒரு பாய்மத்தின் பிசிறியம் அல்லது பிசிறக்குணகம் அல்லது பாகியற்குணகம் என்பது, ஓரலகுப் பரப்பின் மீது செயற்பட்டு, ஓரலகு ஒப்புக்கதிவாட்டத்தை ஏற்படுத்தும் தொடுக்கை விசை (tangential force) ஆகும்.

SI இல் இதன் அலகு Nsm^{-2}; cgs இல் பாய்சு* (poise—P); விசைத்திட்டத்திலும் Nsm^{-2}

1 பாய்சு $P = 0.1 Nsm^{-2}$
விசைத்திட்ட அலகு $= 9.81 Nsm^{-2} = 98.1 P$

நீரங்களின் பிசிறியத்தை (viscosity) அளக்க $mNsm^{-2}$ அலகையும், வளிமங்களின் பிசிறியத்தை அளக்க μNsm^{-2}-அலகையும் பயன்படுத்தல் எளிமையாய் இருக்கும். (எ—டு) 20°C-இல் காற்றின் பிசிறியம் $18.1 \mu Nsm^{-2}$

பிசிறத்தை அளக்கும் இருவேறு அளவன்களான பாய்சு (η), எங்லர் பாகை (°E) யின் அலகுகளுக்கு இடையிலான தொடர்பு

$$\eta = \left(0.0731°E - \frac{0.0631}{°E} \right) P$$

இதில் P—நீரத்தின் அடர்த்தி gcm^{-3}-இல்

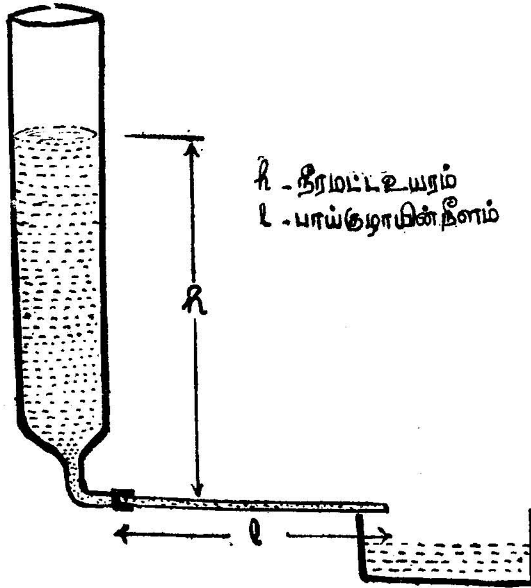
20.5°c-இல் உள்ள நீரின் பிசிறியம் மிகச் சரியாக $1 mNsm^{-2}$ (=1 சென்டிப்பாய்சு CP). வெப்பநிலை கூடக்கூட பிசிற மதிப்பு குறையும்; குறையக் குறையக் கூடும். 0°c நீரின் பிசிறக்குணகம் $1.79 mNsm^{-2}$ ஒரே வெப்ப நிலையில், ஒரு நீரத்தின் (liquid) பிசிறக் குணகத்துக்கும், நீரின் பிசிறக் குணகத்துக்கும் உள்ள தகவு, ஒப்புப் பிசிறியம் (relative viscosity) எனப்படும். ஒரு நீரத்தின் பிசிறக் குணகம், 0°c நீரின் பிசிறக் குணகம்—இவற்றின் தகவு ஒப்புநிலைப்பிசிறும் (specific viscosity) எனப்படும். இவை இரண்டும் பரிமானமில்லாத கணிசங்களே

இந்த விசையியக்கப் பிசிறத்தின் மதிப்பைத் தீர்மானிக்கும் செய்முறைக் கணக்கு ஒன்றை S1-யில் பார்க்கலாம்.

* J. L. M. பாய்சூல் (1799-1869) பெயரில் பாய்சு என 1913-இல் பரிந்துரைக்கப்பட்டது.

இந்த ஆங்கிலக் கலைச்சொல்லில் specific என்ற சொல்லாட்சி தவறுடையது.

கணக்கு : செங்குத்தான ஓர் அளவுகுழாய் (burette) உடன் கிடைத்தளமாக இணைத்த ஒரு நுண்குழாய் வழியான நீரின் பாய்வுக்குரிய குறிப்புகள்: நீரப்பாய்வு Q = 5ml. நுண்குழாயின் நீளம் l = 0.507m; ஆரம் a = 0.4473mm: சராசரி ht மதிப்பு = 12.46 ms; g — 9.8 ms 2 நீரின் பிசிறியம் என்ன?



படம் 62. பிசிறியம்

$$Q = 5\text{ ml} = 5 \times = 10^{-6}\text{ m}^{-3} \qquad a = 4.473 \times 10^{-4}\text{m}$$

$$P = 1000\text{ kg, m}^{-3} \qquad l = 0.507\text{ m}$$

$$g = 9.8\text{ ms}^{-2} \qquad ht = 12.46\text{ m s}$$

$$\frac{Q}{t} = \frac{\pi P Q^4}{8 l n}$$

அல்லது $\eta = \dfrac{\pi \rho g a^4}{\sigma l Q} \times h t$

$$= \frac{\pi\, 1000\text{ kg m}^{-3} \times 9.8\text{ m s}^{-2}}{8 \times 0.507\text{ m} \times 5 \times 10^{-9}\text{m}^3} \times$$

$$\times \frac{(4.473 \times 10^{-4}\text{m})^4 \times 12.46\text{ ms}}{1}$$

$= 0.7567 \times 10^{-3}$ N s m^{-2}
$= 0.7597$ m N s m^{-2}

8. 5. 14. பாய்வியல்மை (fluidity - ψ) ;

இயக்கப் பிசிறத்தின் தலைகீழ் மதிப்பே பாய்வியன்மை

$$\psi = \frac{1}{\eta}$$

எனவே, இதன் பரிமானம்,

$$[\psi] = L\,M^{-1}\,T$$

அங்ஙனமே; இதன் அலகுகள்

SI இல் $m^2\ N^1\ s^1$
cgs இல் பாய்சு[1] அல்லது ரீ (rhe) $= 10\ m^2\ N^1\ s^{-1}$

தலைகீழ் பாய்சு ரீ* என்றும் வழங்கப் பெற்றுள்ளது.

8.5.15. இயக்க அளவியப் பிசிறம் (Kinematic Viscosity-γ)

இயக்க அளவியப் பிசிறம், விசையியக்கப் பிசிறத்தை அடர்த்தியால் வகுக்கக் கிடைக்கும்.

$$\gamma = \frac{\eta}{\rho}$$

எனவே இதன் பரிமானம்

$$[\gamma] = L^2\ T^{-1}$$

விசைத் திட்டத்திலும். SI இலும் இதன் அலகு $m^2\ s^{-1}$ cgs-இல் $cm^2\ s^{-1}$. இது ஸ்டோக்ஸ் (Stokes-st) என வழங்கப் பெறும்.

வயவர் சார்சு கேபிரியல் ஸ்டோக்ஸ் (1819-1903) பெயரில் 1928 இல் இந்த அலகுப் பெயர் இடப்பெற்றது. இதற்கு முன்னர் வழங்கிவந்த அலகு லென்ட்டார் (lentor).

குறைந்த பிசற மதிப்புடையவற்றைவிட, மிகுந்த இயக்க அளவியப் பிசற மதிப்புடைய பாய்மங்களில் சுழிப்பு மிக விரைவாய் உருவாவதால், பாய்ம ஓட்டத்தின் தன்மையை இயக்க அளவியப் பிசிறமே தீர்மானிக்க உதவும்.

8. 5. 14 அருவு-அருவி (=பாய்வு). 'அருவு' அதன் முதனிலை திரிந்து ருவு. rheo என ஆகும். reho-rhe 'பாய்வை நிறுத்துதல்' என்ற பொருளில்தான் 'rheostat' தொடக்கத்தில் பெயர் பெற்றது.

8..5.16. பரப்பு இழுவிசைக் குணகம் (coefficient of surface tension—γ, σ)

நீரத்தின் பரப்புக்கு இணையாக, அதன் மீதான ஓரலகு நீள (க்கற்பனை) வரியின்மீது செயற்படும் விசை (F), பரப்பு இழு விசை (σ) எனப்படும். அல்லது நீரத்தின் ஓரலகுப் பரப்பின் மீதான விசையாற்றலை (E)ப் பரப்பு இழுவிசை எனலாம். இதன் பரிமானம்

$$\sigma = \frac{F}{2l} \text{ அல்லது } \sigma = \frac{E}{A}$$

$$[\sigma] = MLT^{-2}\,L^{-1} = MT^{-2}$$

இது SI இல் Nm^{-1} அல்லது Jm^{-2}

cgs இல் dyn cm^{-1} அல்லது erg cm^{-2}

விசைத் திட்டத்தில் kgf m^{-1} அல்லது kgf m/m^2 என்ற அலகுகளால் அளக்கப்பெறும். விசைத்திட்ட அலகு சில வேளைகளில் mgf/mm என்ற அலகாலும் குறிக்கப் பெறும். 1 mgf $(mm)^{-1}$ = 9.81 dyn cm^{-1}.

$$1 \text{ dyn } cm^{-1} = 10^{-3}\ Nm^{-1}$$
$$1 \text{ kgf } m^{-1} = 9.81\ Nm^{-1}$$

பரப்பு இழுவிசைக் குணகத்தை SI இல் கணக்கிடும் இரு செய்முறைக் கணக்கை நோக்கலாம் :

கணக்கு 1: 0.397 5mm நடுமதிப்பு ஆரம் உள்ள குழாயுள் 36.41 mm உயரத்துக்கு நீர் நின்றால். நீரின் பரப்பு இழுவிசை என்ன ?

$a = 0.397\,5$ mm ஃ $(a/3) = 0.1325$ mm

$h = 36.41$ mm $g = 9.8\ ms^{-2}$

$(h + (a/3)) = 36.542\,5$ mm $= 36.54 \times 10^{-3}$m

$$\sigma = \frac{(h + \frac{1}{3}a)\,\rho g a}{2}$$

$$= \tfrac{1}{2} \times 36.54 \times 10^{-3}\text{m} \times 1000\ \text{kg m}^{-3} \times$$
$$\times\ 9.8\ ms^{-2} \times 3.975 \times 10^{-4}\ \text{m}$$
$$= \tfrac{1}{2} \times 0.1423\ \text{kgs}^{-2}$$
$$= 0.07115\ Nm^{-1}\ (= kgs^{-2})$$
$$= 71.15\ mN\,m^{-1}$$

கணக்கு 2 ஒரு பளிங்குத் தகட்டின் நீளம் l = 7[illegible].5 mm தடிமம் t = 1.4 mm. இப்பரப்பில், இது நீரத்தளத்தில் இருந்து

விடுபட 1.04 கிராம் தேவையெனின், நீரத்தின் பரப்பு இழுவிசையைத் தீர்மானி.

$$\sigma \frac{mg}{2(l+t)}$$

$m = 1.04 \times 10^{-3}$ kg; $g = 9.8$ ms^{-2} (என்க)

$(l + t) = 76.9$ mm $= 0.0769$ m

$$\sigma = \frac{1.04 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}}{2 \times 0.0769 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$= 6.627 \times 10^{-2}$ kgs^{-2} (= Nm^{-1})

$= 66.27 \times 10^{-3}$ Nm^{-1}

$= 66.27$ mN m^{-1}

8.5.17. செறிவு (concentration)

மூலக்கூற்றுப் பூதவியலிலும் (molecular physics), அணுப் பூதவியலிலும் (atomic physics) அடர்த்தி முதலான பேரளவுக் கணிசங்களுடன் மூலக்கூறு, அணு, மின்னி எனப்படும் எலக்ட்ரான் (electron), அயனி போன்ற தனித் 'துகள்'களின் பண்புகளைப் பற்றிய கணிசங்களும் உள்ளன. இந்தக் கணிசங்கள், 'துகளுக்கு இத்தனை' என்று கூறப்பெற வேண்டும். எனவே துகளை ஓர் அலகாகக் கருதலாம்.

ஓரலகும் பருமத்தில் இத்தகைய துகள்கள் எத்தனை உள்ளன என்று அறிந்தால் செறிவு என்ற கணிசத்தின் அலகு கிடைக்கும், செறிவின் பரிமானம்

$$[n] = L^{-3}$$

இதன் அலகுகள் m^{-3}; cm^{-3}

'துகள்! என்பதைக் கருத்தில் கொண்டால்,

1 துகள் m^{-3} = 10^{-6} துகள் cm^{-3} என்று கூறலாம்.

வேதியில் எனப்படும் இயைபியலில் (chemistry) ஓரலகுப் பருமத்தில் உள்ள மோல்களின் எண்ணிக்கையைக் கொண்டு செறிவு அளக்கப்படுகிறது.

துகள்களின் செறிவு—மேல் எண்ணிக்கை × அவகாட்ரோ எண்

செறிவு, மோல்/லிட்டர் என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது. 1 லிட்டருக்கு 1 மோல் செறிவு இயல்புச் செறிவு என வழங்கப்படுகிறது.

8,5.18. விரவற் குணகம் (diffusion coefficient—D):

ஒரு பாய்மத்தின் (fluid) அடர்அடுக்குகள் தாமாகவே அருகிய அடுக்குக்கு விரவுதல், விரவல் எனப்படும்.

$$m = DA\frac{C_1 - C_2}{l} \times t$$

இதில் m-விரிவு பொருளின் நிறை ; A—விரவல் உறும் அடுக்கின் பரப்பு ; $(c_1 - c_2/l)$—செறிவு வாட்டம் ; t-நேரம் D–மாறிலி. இந்த மாறிலிதான் விரவற் குணகம். தக்க பரிமானங்களை யிட,

$$M = [D]\, L^2\, ML^{-3}\, L^{-1}T$$

அஃதாவது $[D] = L^2T^{-1}$

முற்குறித்த வாய்பாட்டை விரவிய மூலக்கூற்று—எண்ணிக்கை N–இல்,

$$N = DA\,\frac{dn}{dl} \times t$$

எனக் குறித்தாலும் பரிமானம் மாறப்போவதில்லை. இதில் (dn/dl)—செறிவி வாட்டம்.

இதன் அலகு இயக்க அளவியப் பிசிற அலகை ஒத்துள்ளது. SI மற்றும் விசைத் திட்டத்தில் m^2s^{-1}; cgs–இல் cm^2s^{-1}.

இதுவரை, வடிவியலிலும் விசைவியலிலும் பயன்படும் முக்கியமிக்க சில கணிசங்களையும் அதன் அலகுகளையும் அறிந்தோம்.

—

9. வெப்ப அலகுகள்
THERMAL UNITS

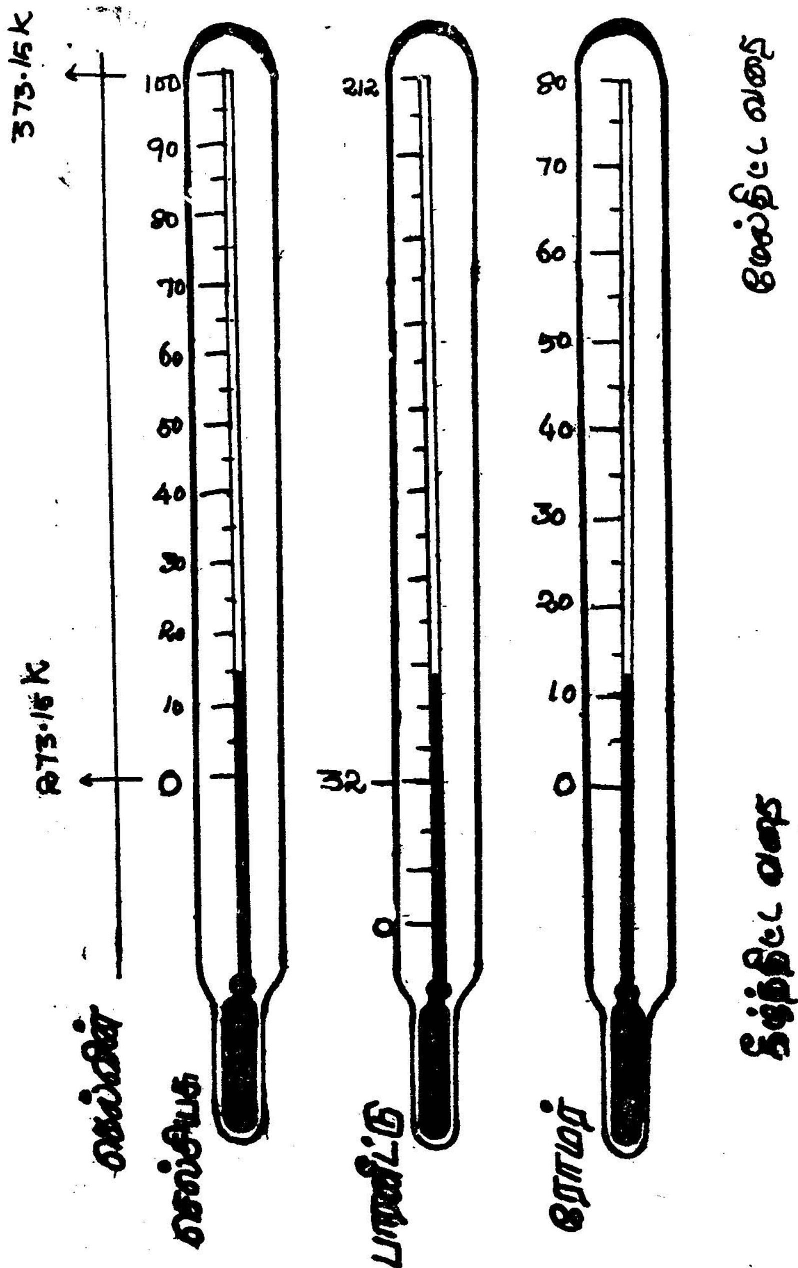
> கலோரி முதலான ''வெப்ப இயலுக்கான
> சிறப்பு அலகுகள் வெப்பவியலின் வில்லங்கம்
> ஆக விளங்குகின்றன.''
>
> —**சேம்சு கிளார்க் மேஃசுவெல்:**
> *Theory of Heat*

வெப்ப நிலையையும் கூட நீளம், நேரம், நிறை என்ற மூன்று அடிப்படை அலகுகளாலேயே அளக்கலாம். வளிமச் சமன்பாட்டில் வரும் வளிம மாறிலியை 1 ஆக்கினால் வெப்ப நிலையின் பரிமானம் $[L^2MT^{-2}]$; போல்ட்சுமான் வாய்பாட்டில் உள்ள போல்ட்சுமான் மாறிலியை 1 ஆக்கினால் $[L^{-\frac{1}{4}} M^{\frac{1}{4}} T^{-\frac{1}{2}}]$; ஸ்டெபான்-போல்ட்சுமான் நெறியில் ஸ்டெபான் மாறிலியின் மதிப்பை 1 ஆக்கினால் $[L^{-1}]$. எனினும் அளவீட்டு எளிமைக்காகவும், ஏந்துக்காகவும் வெப்பநிலையை ஒரு தனிக் கணிசமாகக் கைக்கொள்வது நலம் பயக்கும் என்று கருதி, மூன்று அடிப்படைக் கணிசங்களுடன் வெப்ப இயல் சிறப்புக் கணிசமாக வெப்ப நிலையும் (குறியீடு θ), அதன் அலகாக SI-இல் கெல்வினும் (**K**) கொள்ளப் பெற்றுள்ளன.

9.1. வெப்ப-நிலை அளவன்கள்
(Temperature scales)

வெவ்வேறு வகையான வெப்பநிலை அளவன்களை **2.4**இல் அறிந்தோம். அவற்றைத் தொகுத்துக் கொள்ளலாம்.

செல்சியசு, எல்லிய, கியூரி வெப்பநிலை யளவன்களில் வெப்பநிலை யிடை மதிப்பு கெல்வின் இடை மதிப்புக்குச் சமம். ஏனெனில் செல்சியசை அடிப்படையாகக் கொண்டு கெல்வின் உருவாக்கப் பெற்றது. கெல்வினை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஏனைய இரண்டும் தாழ் வெப்பநிலை யியலுக்குப் பரிந்துரைக்கப் பெற்றன. ரேன்கைன் பாரனீற்று வெப்பநிலை யிடை மதிப்பைக் கொண்டது;



படம் 63 வெப்பநிலை அளவன்கள்

பெயர்	செயற்படுபொருள்	நீரின் உறைநிலை	நீரின் கொதிநிலை	கெல்வினில் மதிப்பு
பாரனீற்று	இதள் (mercury) விரிவு	32°F	212°F	$1°F = \frac{5}{9} K$
ரோமர்	சாறாய—நீர்க் கலவை விரிவு	0°R	80°R	1°R = 1.25K
செல்சியசு	இதள் விரிவு	0°C	100°C	1°C = 1 K
கெல்வின்	(ஆற்றல்)	273.15K	373.15K	1K = 1K
ரேன்கைன்	(ஆற்றல்)	491.67R	671.67R	$1R = \frac{5}{9} K$
எல்லிய வெப்ப நிலை அளவன்	எல்லிய ஆவியழுத்தம்	தாழ்வெப்பநிலை அளவியல்		1°H = 1K
கியூரி வெப்ப நிலை அளவன்	காந்த ஏற்புத்திறம்	,,		1°Cu = 1K

பாரனீற்று, ரோமர், செல்சியசு ஆகிய அளவன்களில் நீரின் உறைநிலை கீழ்த் திட்டவரையாகவும் கொள்ளப்பட்டுள்ளன. கெல்வின் திட்டவரை (அல்லது சரியாக திட்டப்புள்ளி) யாக நீரின் மும்மைப்புள்ளி (triple point) ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டு அதன் வெப்பநிலை 273.16K என வரையறுக்கப் பட்டுள்ளது.

நீரின் உறைநிலைக்கும் கொதிநிலைக்கும் இடைப்பட்ட பிரிவுகள் 100K, 100°C, 180°F, 180 Ram, 80°R என உள்ளன. ஓர் அலகுத் திட்டத்தில் உள்ள வெப்பநிலை N-ஐ பிறிதொரு அலகுத் திட்டத்துக்கு மாற்ற

$$\frac{N-273.15}{100}K = \frac{N-0}{100}°C = \frac{N-32}{180}°F = \frac{N-491.67}{180}R = \frac{N-0}{80}.$$

என்ற சமன்பாடு சிறப்பாகப் பயன்படும்.

எடுத்துக்காட்டு : 98.4°F ஏனைய வெப்பநிலை **அளவன்களில்** என்ன எண்மதிப்பை யுடையது ?

$$\frac{N-32°}{180}°F = \frac{N-0°F}{100}$$

$$\frac{98.4-32}{180}°F = \frac{N}{100}°C$$

$$N° = 66.4 \times \frac{10}{18} = 36.89$$

$$\therefore N = 36.89°C$$

$$\frac{N-32}{180}\ {}^{\circ}F = \frac{N-27315}{100}\ K$$

$$\frac{98.4-32}{180}\ {}^{\circ}F = \frac{N-273.15}{100} K$$

$$(N-273.15)\ K = \frac{100}{180} \times 66.4$$

$$= 36.89$$

$$N = 273.15 + 36.89 = 310.04K$$

இங்ஙனமே 98.4°F = 558.07R = 29.51°R என அறியலாம்.

இவ்வாறே—40°C மதிப்பை ஏனைய அளவன்களில் மாற்று வதைப் பயிற்சியாகக் கொள்க. (—40°C = 233.15K = —40°F = 419.67R = —32°R)

நீளம், நேரம், நிறை, வெப்பநிலை யெனும் நான்கு அடிப் படைக் கணிசங்களின் அலகுகளால் அளக்கப்படும் வெப்ப இயலில் வெப்பநிலைப் பாகைப் பற்றிய கணிசங்களை முதலில் காணலாம்.

9.1.1. விரிவம் (expansivity)*

வெப்பத்தால் பொருள்கள் விரிவுறுகின்றன. இவ்விரிவு, நீளம், பரப்பு, பருமம் என்ற முப்பரிமாணங்களிலும் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு.

ஓரலகு வெப்பநிலை உயர்ச்சியினால் ஓரலகு அளவுள்ள பொருளில் ஏற்படும் விரிவு அதன் விரிவம் (expansivity) எனப்படும்.

ஒரு கெல்வின் உயர்ச்சியினால் ஒரு மீட்டர் நீளம் உள்ள 'இன்வார்', அதன் நீளத்தில் 0.9 மைக்ரோ மீட்டர் விரிவடைகிறது. இந்த 0.9×10^{-6} என்ற எண் இன்வாரின் நீள் விரிவம் எனப்படும்.

பொதுவாக, நீள்விரிவம்

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}$$

* 9.1.1. விரிவுக் குணகம் (coefficient of expansion) என்ற பழைய தொடருக்கான ஒரே புதுச்சொல் விரிவம் (expansivity).

இதில் t_1 வெப்பநிலையில் ஆன நீளம் l_1
t_2 வெப்பநிலையில் ஆன நீளம் l_2

எனவே விரிவத்தின் பரிமானம்

$$[\alpha] = LL^{-1}\theta^{-1} = \theta^{-1}$$

ஆகையால் விரிவம், வெப்பநிலை ஒன்றையே பொறுத்தது; நீள, (பரப்பு, பரும) அலகைப் பொறுத்ததல்ல என்பது தெளிவாகிறது. எனவே அடியில் அளந்தாலும், அங்குலத்தில் அளந்தாலும், மீட்டரில் அளந்தாலும், சென்டிமீட்டரில் அளந்தாலும் —வெப்பநிலையை மட்டும் மாறாத அலகில் அளக்கும்வரை விரிவமும் மாறாது. விரிவத்தின் அலகு

$$<\alpha>_{SI} = K^{-1}; \; <\alpha>_{cgs} = {}^{\circ}C^{-1};$$

அறிவியல் அளவீட்டில் கெல்வினின் இடை மதிப்புக்குச் சமமான செல்சியசே இதுவரை பயன்படுத்தப்பட்டு வந்துள்ளதால் இந்த அலகில் வேறுபாடு விளைய வழியில்லை.

9.1.2. அழுத்தக் குழப்பம்

பரப்பு, பரும விரிவங்களுக்கும் இதே அலகு அப்படியே பொருந்தும். வளிமங்களுக்கான அழுத்த விரிவம், பரும விரிவம், மற்றும் மின்தடைக்கான வெப்பநிலைக் குணகம் (temperature coefficient of resistance) ஆகியவற்றில் SI மதிப்புகளை யிடுவதில் மாணவர்கள் ஒரு சிறு குழப்பத்துக்கு ஆளாகின்றனர். இதற்கு மேற்கோளாக அழுத்த விரிவத்தை எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

$$\alpha = \frac{p_2 - p_1}{p_1 t_2 - p_2 t_1}$$

இதில் t_1 வெப்பநிலையிலான அழுத்தம் P_1
t_2 வெப்பநிலையிலான அழுத்தம் P_2

$t_1 = 30°C$; $t_2 = 100°C$ எனின் அவற்றைக் கெல்வினில் மாற்றினால் $t_1 = 303k$, $t_2 = 373k$ என்றாகும். இந்த மதிப்புகளை இட்டால் கணக்கு முற்றிலும் தவறாகிவிடும்.

இதனை இவ்வாறு மேம்போக்காகக் காணுவதைவிட அதற்கான வரையறையை அறிவது நலம் பயக்கும்: பருமம் மாறாத போது ஓரலகு வெப்பநிலை உயர்வுக்கு ஒரு வளிமத்தின் அழுத்

தத்தில் ஏற்படும் விரிவுக்கும், 0°C இல் உள்ள அதன் அழுத்தத் துக்கும் உள்ள தாகவே அழுத்த விரிவம் எனப்படும்.

அஃதாவது, நாம் அழுத்த விரிவத்தை 0°C அடிப்படையில் தான் வரையறுக்கிறோம். 1. வரையறுக்கும் போதே 0°C அடிப் படையாகக் கொள்ளப்பட்டது. 2. இதனால் இதன்வழியில் வெப்பநிலை வேறுபாட்டைத்தான் எடுத்துக் கொள்கிறோம். சார்பிலா வெப்பநிலையை யல்ல. அழுந்த விரிவத்தை SI-இல் குறிப்பதாயின்

$$\alpha = \frac{P_2 - P_1}{P_1(T_2 - T_0) - P_2(T_1 - T_0)}$$

என்று குறித்துவிட்டால் எந்தச் சிக்கலும் எழாது. இதில் $(T_2 - T_0) = t_2$; $(T_1 - T_0) = t_1$. $T_0 = 0°C = 273.15K$ எனவே கெல்வினின் வெப்பநிலை வேறுபாட்டையே கைக் கொள்ள வேண்டும்.

நமது ஆய்வகங்களில் உள்ள வெப்பநிலை மானிகள் அனைத் தும் செல்சியசில்தான் அலகிடப் பெற்றுள்ளன; கெல்வினில் இல்லை. வெப்பநிலையில், நாம் அளப்பது அனைத்தும் வெப்ப நிலை வேறுபாட்டைத்தான் என்பதால் (— அது 75° C–உக்கும் 35°C-உக்குமோ அன்றி 43°C–உக்கும் 0°C-உக்குமோ அன்றி 30°C-உக்கும்—12°C-உக்குமோ என்பன போல்தாம்) வெப்ப நிலை வேறுபாட்டை செல்சியசில் கணக்கிட்டு ∾1°C = ∾1K என்பதால் அந்த வேறுபாட்டு மதிப்பை கெல்வின் ஆகக் கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டாவது :

$$75°C - 35°C = 40°C = 40K$$
$$43°C - 0°C = 43°C = 43K$$
$$30°C - (-12°C) = 42°C = 42K$$

9.2. வெப்பமும் ஆற்றலே

வெப்பத்தை அளப்பதற்குக் காலாகாலமாகப் பயன்பட்டு வந்தது கலோரி. SI வந்து துரத்தியும் போக மறுக்கும் இந்தக் கலோரியின் வரலாற்றைச் சற்றே காணலாம்,

''வெப்பத்தை எப்படி அளப்பது?'' என்ற சிக்கலுக்கு விடை காண உதவியவர் சேம்சு பிளாக் (James Black 1728–1799)

என்ற ஸ்காட்லாந்து நாட்டு மருத்துவர் ஆவார். சமஅளவு கொதிநீரையும் குளிர்நீரையும் கலந்த பொழுது கலவையின் வெப்பநிலை இரண்டுக்கும் இடையில் இருந்தது. எனவே சூடானநீர் தனது வெப்பத்தைக் குளிர்நீருக்குக் கொடுத்துள்ளது என அறிந்தார். எனவே பிளாக், ''வெப்பம் என்பது மிக இலேசான, நிறையற்ற, கண்ணுக்குப் புலனாகாத ஒரு பாய்மம்'' என்று கருதினார். அதற்கு இலத்தீனில் வெப்பத்தைக்குறித்த காலர் (calor)* என்ற பெயரையும் சூட்டினார். இந்தக் ''காலர்'' எந்தப் பொருளிலும் உட்புகுந்து அதன் வெப்ப நிலையை உயரச் செய்யும் என்பதைப் பல செயல்முறைகளால் விளக்கினார்.

இந்தக் காலர் அல்லது கலோரி ''உட்புகுவதால்'' வெப்பம் கூடுகிறதாயினும் பொருளின் நிறை கூடாததால் இதனை நிறையிலாத் தனிமம் என்று கருதினர். பிளாசிஸ்டான் (phlogiston) கொள்கையைத் தகர்த்தெறிந்த லவாய்சியர் (Lavosier) கூட கலோரிக் (caloric) என்பது ஓர் இயைபக்கூறு (chemical element) என நம்பினார். (கலோரிக் கொள்கைப்படி ஒரு பொருளின் வெப்ப இழப்பு, கலோரிக் மாற்றத்தால் மற்றதன் வெப்ப உயர்வுக்குச் சமம்.)

எனினும் (ஒரே வெப்ப நிலையில் உள்ள) இரு பொருள்கள் உராயும்போது வெப்பம் உருவாவது எப்படி என்ற வினாவுக்கு இந்தக் கலோரிக் கொள்கைக் காரர்களால் விடையிறுக்க முடியவில்லை. அவர்கள் கூறினார்கள்: இரண்டு பொருள்களும் உராய்வதால் அப்பொருள்களில் உள்ள கலோரி, துணியைப் பிழிவதைப் போல பிழியப்பட்டு வெளிப்படுகிறது !

இந்தக் கலோரிக் கொள்கைக்குச் சாவுமணி அடித்தவர் (பின்னால் ரம்போர்டு கோமகன் எனச் சிறப்புறுத்தப்பட்ட) பெஞ்சமின் தாம்சன் என்ற படைக்கலக் கம்மியர்தான். பவேரிய அரசுக்கான படைக்கலக் கருவிகளை உருவாக்கி வந்த தாம்சன், பெருந்துமுக்கி (பீரங்கி)க்கான துளையைக்குடையும் பொழுது மிகுந்த வெப்பம் உருவாகி, அதனைச் சூழவுள்ள நீரைக் கொதிக்கச் செய்தது. கலோரிக் கொள்கைப்படி அந்தக் குடைசலில் வெப்பத்தைக் ''கொடுக்கக்'' கூடிய பொருள் எதுவும் இல்லை. இது, கலோரிக் கொள்கைக்கு முரணானது. எனினும் கலோரிக் கொள்கையினர் ''குடையும்போது சிதறிய எஃகுத்துகள்

* தமிழ் - காள் → L. Calor
காள் = வெப்பம் ஒ. நோ : காளவாய்

இந்தக் கலோரியும் கூட் வெப்பக்கல* முறையிலும், வெப்ப யியைப் (thermochemical) முறையிலும் அளந்தபோது வேறு பட்டது. இவ்வாறே ஏனைய முறைகளிலும் வேறுபட்டிருந்தது. இதற்காகச் சமனவாய்பாடுகளை மேற்கொள்ள வேண்டி வந்தது. சில ''வகை''க் கலோரிகளின் மதிப்புகள் ஆவன.

1 பன்னாட்டு வெய்யாவிக்கு* கலோரி (international steam calorie)	= 4.1868 சௌல்
15°C கலோரி	= 4·1855 J
4°C கலோரி	= 4.2045 J
0—100°C சராசரிக் கலோரி	= 4.1897 J

இயக்கவியலில் உள்ள வேலைக்கு எர்கு அல்லது சௌல் என்றும் வெப்பவியலில் ஆன வேலைக்கு கலோரி என்றும் ஓரே கணிசத்தை அளக்க இருவேறு அலகுகளைப் பயன்படுத்துவது, ஓரியன்மைத் திட்டத்தின் வேரில் வெந்நீர் ஊற்றும் தன்மை யதால் அது கைவிடப்படவேண்டும். எனவே SI-யில் வெப்பத் தின் அளவு வேலையின் அலகால் அளந்தறியப் பெறுகிறது.

வெவ்வேறாய்க் கொள்ளப்பட்ட அலகுகளான கலோரி மதிப் பையும் வேலை மதிப்பையும் ஒருங்கிணைக்க வெப்பத்தின் விசை யச் சமனி (mechanical equivalent of heat) என்ற ஒரு புதுக் கொள்கை புகுத்தப்பட்டு

1 கலோரி = 4.1868 சௌல்

என்று சமனப்படுத்தப்பட்டது.

கம்மியத் துறையிலும் தொழில் துறையிலும் இதுவரை கலோரி, கிலோ கலோரி என்ற அலகுகளே பயன்பட்டுவந்ததால், பழமையாளர்களுக்காக கலோரியையும் பயன்படுத்தலாம் என்ற ஒரு சிறு சலுகையைப் பயன்படுத்திக்கொண்டு, அறிவியற் கல்வித் துறையிலும் கலோரியை நுழைத்துக் குழப்புதல் தக்கதன்று.

(2) தெர்மி (thermic) : 1919 இன் மீட்டர் - டன் - நொடி (MTS)த் திட்டத்தின் வெப்பத்துக்கான அடிப்படை யலகு தெர்மி (thermic-th) ஒரு டன் நீரை 1°C உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் 1 தெர்மி.

1 தெர்மி = 10^6 கலோரி = 396 Btu = 4.185×106 சௌல்

† வெப்பக்கலம் - calorimeter ''கலம் என்றால் அளக்கும் கருவி'' என்பது தொல்காப்பிய உரை (நச்சினார்க்கினியம்) (தொல் : எழுத்து 159)

* 9.2 (1) Steam-வெய்யாவி; Water Vapour -- நீராவி

இந்தக் கலோரியும் கூட் வெப்பக்கல* முறையிலும், வெப்ப யியைப் (thermochemical) முறையிலும் அளந்தபோது வேறு பட்டது. இவ்வாறே ஏனைய முறைகளிலும் வேறுபட்டிருந்தது இதற்காகச் சமனவாய்பாடுகளை மேற்கொள்ள வேண்டி வந்தது. சில "வகை"க் கலோரிகளின் மதிப்புகள் ஆவன.

1 பன்னாட்டு வெய்யாவிக்கு* கலோரி (international steam calorie)	= 4.1868 செளல்
15°C கலோரி	= 4·1855 J
4°C கலோரி	= 4.2045 J
0—100°C சராசரிக் கலோரி	= 4.1897 J

இயக்கவியலில் உள்ள வேலைக்கு எர்கு அல்லது செளல் என்றும் வெப்பவியலில் ஆன வேலைக்கு கலோரி என்றும் ஒரே கணிசத்தை அளக்க இருவேறு அலகுகளைப் பயன்படுத்துவது, ஓரியன்மைத் திட்டத்தின் வேரில் வெந்நீர் ஊற்றும் தன்மை யதால் அது கைவிடப்படவேண்டும். எனவே SI-யில் வெப்பத் தின் அளவு வேலையின் அலகால் அளந்தறியப் பெறுகிறது.

வெவ்வேறாய்க் கொள்ளப்பட்ட அலகுகளான கலோரி மதிப் பையும் வேலை மதிப்பையும் ஒருங்கிணைக்க வெப்பத்தின் விசை யச் சமனி (mechanical equivalent of heat) என்ற ஒரு புதுக் கொள்கை புகுத்தப்பட்டு

1 கலோரி = 4.1868 செளல்

என்று சமனப்படுத்தப்பட்டது.

கம்மியத் துறையிலும் தொழில் துறையிலும் இதுவரை கலோரி, கிலோ கலோரி என்ற அலகுகளே பயன்பட்டுவந்ததால், பழமையாளர்களுக்காக கலோரியையும் பயன்படுத்தலாம் என்ற ஒரு சிறு சலுகையைப் பயன்படுத்திக்கொண்டு, அறிவியற் கல்வித் துறையிலும் கலோரியை நுழைத்துக் குழப்புதல் தக்கதன்று.

(2) தெர்மி (thermic) : 1919 இன் மீட்டர் - டன் - நொடி MTS)த் திட்டத்தின் வெப்பத்துக்கான அடிப்படை யலகு தெர்மி :hermic-th) ஒரு டன் நீரை 1°C உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் தெர்மி.

1 தெர்மி = 10^6 கலோரி = 396 Btu = 4.185×106 செளல்

† வெப்பக்கலம் - calorimeter "கலம் என்றால் அளக்கும் கருவி" என்பது தொல்காப்பிய உரை (நச்சினார்க்கினியம்) (தொல் : எழுத்து 159)

* 9.2 (1) Steam-வெய்யாவி; Water Vapour — நீராவி

(3) பிரித்தானிய வெப்ப அலகு (British thermal unit Btu): 1 பவுண்டு நீரின் வெப்ப நிலையை (39°F இல் இருந்து 40°Fக்கு) 1°F உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் பிரித்தானிய வெப்ப அலகு (Btu) எனப்பட்டது. fps திட்டத்தில் Btu-உம் ஒரு வெப்ப அலகாகப் பயன்பட்டது.

(212°F-32°F/180) கூட்டிடை 1 Btu = 1055.79 J
39-40°F Btu = 1059.52 J
பன்னாட்டு வெய்யாவி அட்டவணை Btu= 1055.06 J

இதில் ஒரு பொருத்தம் என்னவென்றால் (பண்டாரகர்) Dr. சேம்ஸ் பிரஸ்காட் சௌல் தனது வெப்பத்தின் விசையச் சமனியை 'பிரித்தானிய வெப்ப அலகு' என்று பின்னர் (1876இல்) பெயர் சூட்டப்பட்ட இந்த அலகில்தான் அளந்து 1843 இல் தெரிவித்தார். அவரது பிரித்தானிய வெப்ப அலகு நீக்கப் பட்டு அவர் பெயர் ஏற்கப்பட்டது.

(4) தெர்ம் (therm): பிரிட்டனில் 1920 ஆம் ஆண்டு வளிமச் சட்டம் வரையறுத்த வெப்ப அலகு தெர்ம். 1000 பவுண்டு நீரை 100°F வெப்பநிலை யிடைவெளிக்கு உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் 1 தெர்ம்.

1 தெர்ம் = 10^5 Btu ≃ 105. 579 $\times 10^6$ J

(5) chu: 1 பவுண்டு நீரை 10C உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் 1 நூற்றுப்பாகை (செல்சியசு) வெப்ப அலகு (chu) இது cgs-fps கலப்பலகு, 1chu = 1.8 Btu = 1900.4J

(6) SI அலகு—சௌல்: வேலையின் அலகான சௌல் (joule) ஆலேயே வெப்பமும் அளக்கப்பட வேண்டும் என 1895-இலேயே அறிஞர் லாட்ஜ் (Lodge) எடுத்துரைத்தும், அதனை 1896 இல் பிரித்தானிய மன்றம் (British Association) பரிந்து ரைத்தும் கூட வெப்பவியலில் 1950 வரை சௌல் பயன்பாட்டுக்கு வரவில்லை.

SI இல் வெப்பம் வேலையின் அலகால் அளந்தறியப் பெறும்.

$$[W] = LMT^{-2} L = L^2MT^{-2}$$

எனவே $[Q] = [W] = L^2MT^{-2}$

இதன் SI அலகு சௌல் என்பது நாம் அறிந்ததே

1 கலோரி = 4.1868J; 1 J = 0.2389 கலோரி

9.2.2. ''குளிரின் அளவு'' (quantity of cold)

வெப்ப அளவு என்பதைப் போல் 'குளிரின் அளவு' என்ற ஓர் அலகு குளிர்ப்பாக்க அமைப்புகளின் குளிர்ப்பாக்கத்தை அளக்கப் பயன்பட்டு வந்தது. இது, உண்மையில் வெப்ப அளவேயன்றி வேறன்று. வெப்பத்தை வெளித்தள்ளும் அளவாகக் குறிப்ப தால் இதனை எதிர்க்குறியுடன் கூடிய வெப்ப அளவாகக் கருதலாம். இதன் அலகு **பிரிகோரி** (frigorie) ஒரு மணி நேரத் தில் ஒரு கிலோ கிராம் கலோரி வெப்பத்தை வெளித்தள்ளும் அளவின் அலகு 1 பிரிகோரி என்றும், 1 பிரிகோரி = 1000 கலோரி என்றும் கூறப்பெறுகிறது. இந்த அலகு வழக்கில் இருந்து மறையத்தொடங்கி விட்டது.

9.2.3 வெப்பயியக்கவியலின் முதல்நெறி (first law of thermo dynamics)

ஆற்றலை ஆக்கவோ அழிக்கவோ இயலாது. ஒருவகை ஆற்றலை மற்றொருவகை ஆற்றலாக மாற்றத்தான் இயலும் என்ற ஆற்றலின் அழிவின்மை நெறியின் வெப்பயியலுக்கான வடிவம் வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் நெறி என்று அழைக்கப் படுகிறது. இதன்படி, குறித்த அளவு வேலை செய்யப்படும் பொழுது அதற்குச் சமமான வெப்பம் உண்டாகிறது. cgs-திட்டத்தில் வேலை விசையலகுகளாலும் (எர்கு, சௌல்), வெப்பம், வெப்ப அலகுகளாலும் (கலோரி கிலோ கலோரி) அளக்கப்பட்டு வந்தால் இவற்றை ஒருங்கிணைக்க ஒரு மாறிலி J புகுத்தப்பட்டு

$$W = JH$$

என வெப்ப இயக்கவியலின் முதல்நெறி வரையறுக்கப்பட்டு வந்தது. ஒரு கணிசம் எவ்விடத்திலும் ஒரே அலகால்தான் அளக்கப்படவேண்டும் என்ற ஓரியன்மை முறையான SIஇல்

$$W = H$$

என முதல் நெறி வரையறுக்கப் படுகிறது. இதன் அலகு சௌல் என்பது வெளிப்படை.

வெப்பத்தை விசையலகால் (எர்கு) அளக்கும்போது cgs-திட்டத்திலும் இந்த மாறிலி J வருவதில்லை என்பதை அறிய லாம். கிளாசியஸ் முதல்நெறியை விளக்கியவரையறை

$$dQ = du + dw$$

-இல் இந்தச் சமன மாறிலி J இடம் பெறாததைக் காண்க.

9 2.4. வெப்ப விசையச் சமனி(mechanical equivalent of heat-J)

விசையால் ஆன வேலையை ஓர் அலகிலும், வெப்பம் என்ற வேலையை மற்றோர் அலகிலும் அளந்ததனால் இந்தக் கருத்து உருவானது. எல்லா வேலையையும் ஒரே அலகால் அளப்பதால் வெப்ப விசையச் சமனி என்ற இந்தக் கோட்பாட்டுக்கு SIஇல் இடமே இல்லை.*

9.3. வெப்பக்கொண்மை முதலானவற்றின் அலகுகள்
Units relating to heat capacity etc

வெப்பம் ஆற்றலே என்றும் ஆற்றலின் அலகால் அது அளக்கப் பெறவேண்டும் என்றும் அறிந்தோம். இனி ஆற்றல் அலகுடன் ஏனைய அலகுகள் இணையும் கணிசங்களைக் காணலாம்.

9.3.1. சூட்டு மதிப்பு (heating value) என்பது, பொதுவாக ஓரலகு நிறையுடைய பொருள் எரியும் போது வெளியிடும் வெப்ப அளவைக் குறிக்கும். இந்த ஓரலகு நிறையை, கிலோகிராம் அகவும் கொள்ளலாம்; மோல் ஆகவும் கொள்ளலாம். எனவே இதன் அலகு SIஇல் சௌல்/கிலோ கிராம் அல்லது சௌல்/மோல் ஏனைய திட்டமில் அலகுகள்

1 எர்கு/கிராம் $= 10^{-4}$ J kg^{-1}

1 cal g^{-1} = 1 kcal kg^{-1} = 4.190 Jkg^{-1}

மோல் அலகுகள் J/kmol; erg/mol; cal/mol; kcal/kmol

வளிமங்களின் சூட்டுமதிப்பைக் குறிப்பிடுங்கால், படித்தர வளிநிலையழுத்த வெப்ப நிலையில் ஓரலகுப் பருமம் உள்ள வளிமத்தின் வெப்ப வெளியீட்டைக் கருதுவர். இதன் அலகுகள்

Jm^{-3}; erg cm^{-3}; cal cm^{-3}; kcal/லிட்டர்

1 erg cm^{-3} = 0. 1 Jm^{-3}

1 cal cm^{-3} = 1 kcal/லிட்டர் = 4.19 Jkg^{-1}

9.3.2. வெப்பக் கொண்மை* (heat capacity or thermal capacity-C)

ஒரு பொருளின் வெப்ப நிலையை ஒரு பாகை உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம் அப்பொருளின் வெப்பக் கொண்மை எனப்படும். எனவே இதன் அலகு

* 9.2.4. இருந்தும் நமது புதிய பாடத்திட்டத்தில் 'வெப்பவிசையச் சமனி'யை நீக்காதது தவறாகும்.

*9.3.2. கொண்மை; என்ற சொல்லுக்கு விளக்கத்தை 12.1.45 இல் காண்க.

$$<C>_{SI} = JK^{-1}$$

வெப்ப நிலையை பெரும்பாலும் கெல்வினுக்குச் சமம் ஆன செல்சியசில் அளப்பதால்

$$1 \text{ எர்கு}/°C = 10^{-7}J^{-1};\ 1\ cal/°C = 4.190{*}JK^{-1}$$

9.3.3. தனிவெப்பக்கொண்மை (specific heat capacity)

ஒரு பொருளின் வெப்பக் கொண்மையை அப்பொருளின் நிறையால் வகுக்கக் கிடைப்பது தனிவெப்பக் கொண்மை. அஃதாவது, $C = \frac{C}{m}$ எனவே இதன் அலகு $<c>_{SI} = Jkg^{-1}k^{-1}$ ஏனைய திட்ட அலகுகள்:

cgs - இல் $cal\ g^{-1}\ °c^{-1} = 4190\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$
$kcal\ g^{-1}°c^{-1} = 4.190\times10^{6}\ Jkg^{-1}\ k^{-1}$
$erg\ g^{-1}\ °c^{-1} = 10^{-4}\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$

C முன்னர்த் தனிவெப்பம் (specific heat) என வழங்கப் பட்டது.

ஒரு கிலோ கிராம் பொருளினை†
ஒரு கெல்வின் உயர்த்தத்தே வைப்படும்
வெப்பத் தின்அளவு அதன் தனி
வெப்பக் கொண்மைஎ னப்படும்.

தனி வெப்பக் கொண்மையை SI-இல் தீர்மானிக்கும் செய் முறைக் கணக்கீடு ஒன்றைக் கருதலாம்.

கணக்கு: செம்பு வெப்பக்கலம் ஒன்றின் நிறை 54.57g; செம்பின் தனிவெப்பக் கொண்மை $c_1 = 385\ J\ kg^{-1}k^{-1}$ அதில் முக்கால் பகுதி கொடுக்கப்பட்ட நீரத்தை (liquid) நிரப்பிய பின் நிறை $m_2 = 126.850g$; நீரத்தின் வெப்பநிலை $t_1 = 28.3°C$. $(t_2 =)\ 99.5°C$ வெப்ப நிலையில் உள்ள திடப்பொருள் துண்டு களை நீரத்துள் கொட்டிய பின் அடைந்த உச்ச வெப்பநிலை $t_3 = 34.7C°$. உச்ச வெப்ப நிலைக்கான திருத்தம் $dt = 0.4°C$ எல்லாம் சேர்ந்த நிறை $m_3 = 146.810g$ திடப்பொருளின் தனி

†'ஒரு கிலோகிராம் பொருளினை' என்ற அடிக்குப் பதிலாக 'ஒரு பொருளின் வெப்பநிலையினை' என்பதை யிணைத்தால் வெப்பக் கொண்மைக்கான வரை யறை கிடைக்கும்.

வெப்பக் கொண்மை $C_3 = 913\ Jkg^{-1}k^{-1}$ எனின் நீரத்தின் தனி வெப்பக் கொண்மை (C_2) யைத் தீர்மானி.

$m_1 = 54.570g$ $C_1 = 385\ Jkg^{-1}k^{-1}$ $t_1 = 38.3°C$
$m_2 = 126.850g$ $C_2 = ?$ $t_2 = 99.5°C$
$m_3 = 146.810g$ $C_3 = 913\ J\ kg^{-1}k^{-1}$ $t_3 = 34.7°C$
$dt = 0.4°C$

வெப்பக்கலத்தின் நிறை $m_1 = 54.570 \times 10^{-3}kg$
நீரத்தின் நிறை $(m_2 - m_1) = 72.280 \times 10^{-3}kg$
திடப்பொருளின் நிறை $(m_3 - m_2) = 19 \cdot 960 \times 10^{-3}kg$
வெப்பக்கலம், நீர் இவற்றின் வெப்பநிலை உயர்ச்சி,
$(t_3 + dt - t_1) = 6.8°C = 6.8k$
திடப்பொருளின் வெப்நிலைத் தாழ்ச்சி, $(t_2\ t_3) = 64.8°C = 64.8k$

வெப்பக்கலம் ஏற்ற வெப்பம் $= m_1C_1\ (t_3 + dt - t_1)$
$= 54.57 \times 10^{-3}\ kg \times 385Jkg^{-1}k^{-1} \times 6.8k$
$= 142.9J$

நீரம் ஏற்ற வெப்பம் $= (m_2 - m_1)\ C_2\ (t_3 + dt - t_1)$
$= 72.28 \times 10^{-3}kg \times C_2 \times 6.8k$
$= 0.4915kgk \times C_2$

மொத்த வெப்ப ஏற்பு $= 142.9J + (0.4915kgk \times C_2$
திடப்பொருள் இழந்த வெப்பம் $= (m_3 - m_2)\ C_3(t_2 - t_3)$
$= 19.96 \times 10^{-3}kg \times 913\ Jkg^{-1}k^{-1} \times 64.8k$
$= 1181J$
வெப்ப ஏற்பு = வெப்பஇழப்பு
$142.9J + 0.4915\ kgk \times C_2 = 1181J$
$0.4915kgk \times C_2 = 1181J = 142.9J$
$= 1038.1J = 1038J$

$$C_2 = \frac{1038J}{0.4915kgk} = 2112J\ kg^{-1}k^{-1}$$
$= 2.112 \times 10^3 J\ kg^{-1}k^{-1}$
$= \underline{2.112kJkg^{-1}k^{-1}}\ (= Jg^{-1}k^{-1})$

9.3.4. இரண்டு தனிவெப்பக் கொள்ளைகள்

திட, நீரப் பொருள்களுக்கு ஒரே வகையான தனிவெப்பக் கொண்மை— அஃதாவது அழுத்தம் மாறாத தனி வெப்பக் கொண்மை ($C = C_p$) மட்டுமே உண்டு. வளிமங்களுக்கு

1. பருமம் மாறாத் தனி வெப்பக் கொண்மை C_v
2. அழுத்தம் மாறாத் தனிவெப்பக் கொண்மை C_p

என இருவகைத் தனி வெப்பக்கொண்மைகள் உள்ளன.

பருமம் மாறாத பொழுது கொடுக்கப்படும் வெப்பம் முழுவதும் வளிமத்தின் அக ஆற்றலை உயர்த்தப் பயன்படும். அழுத்தம் மாறாதபொழுது, பருமம் மாறுகிறது. எனவே வெப்பத்தின் ஒரு பகுதி வெளி வேலை செய்யப்பயன்படுகிறது. எனவே $C_p > C_v$. மேயரின் சமன் பாட்டுப்படி

$$C_p - C_v = R \qquad (SI)$$

C_p C_v கலோரியிலும், R எர்குவிலும் அளக்கப்படும்போது

$$C_p - C_v = \frac{R}{J}$$

இதில் உள்ள J வெப்பச் சமனி ஆகும்.

வளிமத்தின் இந்தத் தனி வெப்பக்கொண்மைகளின் தகவு

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$$

இந்தத் தகவு எந்த அலகுத் திட்டத்திலும் மாறாத ஓர் எண் என்பது வெளிப்படை.

ஒற்றை அணுவ வளிமங்களுக்கு $\gamma = \frac{(5/2)\ R}{(3/2)\ R} = \frac{5}{3} = 1.667$

இரட்டை ,, $\gamma = \frac{(7/2)\ R}{(5/2)\ R} = \frac{7}{5} = 1.400$

மூவணுவ ,, $\gamma = \frac{4\ R}{3\ R} = \frac{4}{3} = 1.333$

9.3.5. தனிவெப்பக் கொண்மையும், வெப்ப எண் என்ற தனி வெப்பத்தகவும்—ஒரு சொற்பொருட் புதிர் (specific heat capacity and (specific) heat ratio—a semantic problem)

தனிவெப்பம் (specific heat) என்பது cgs-திட்டத்தில்

(1) ஓரலகு நிறையுடைய பொருளை ஓரலகு வெப்ப நிலைக்கு உயத்துவதற்குத் தேவையான வெப்பம்—என்றும்

(2) ஒரு பொருளின் குறித்த நிறையை குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலை உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பத்துக்கும், அதே நிறையுள்ள நீரை அதே வெப்பநிலை உயர்த்துவதற்குத் தேவையான வெப்பத்துக்கும் உள்ள தகவு—என்றும் இரண்டு வகையாக வரையறுக்கப் பட்டிருந்தது.

(1) முதல் வரையறைப்படி $Q = mc\theta$ அல்லது $c = Q/m\theta$ இதன் பரிமானம் $[Q] = L^2MT^{-2}$; $[m] = M$; $[\theta] = \theta$ எனவே

$$[c] = L^2T^2\theta^{-1}$$

அலகுகள் $\langle Q \rangle$ = கலோரி; $\langle m \rangle$ = கிராம் $\langle \theta \rangle$ = செல்சியசு எனவே

$$\langle c \rangle = \text{cal } g^{-1}\theta^{-1}$$

என தனிவெப்பம் கலோரி/கிராம் செல்சியசு என்ற அலகுடன் விளங்கும்.

இதே வரையறையில் S1 மதிப்புக்களை யிட்டால்

$$\langle c \rangle = J\ kg^{-1}k^{-1}$$

எனப் பரிமான வேறுபாடின்றி விளங்கும். இது SI இல் தனி வெப்பக் கொண்மை என்று சொல்லுவதை முற்றொத்தது.

(2) cgs திட்டத்தில் நீரின் ''வெப்ப எண்'' *1* எனக் கைக் கொள்ளப்பட்டதால்

$$Q = m \times C \times \theta$$
$$Q_w = m \times 1 \times \theta$$

எனவே $$C = \frac{Q}{Q_w};$$

இதனால் C பரிமானமற்ற தகவு மாறிலியாய்—வெறும் **எண்ணாய்** விளங்கியது; எனவே இது **வெப்ப எண்** என்று விளம்பப்பட்டது. ஆனால் **உண்மையில்** இது **வெப்பத் தகவு** என்றுதான் குறிப்பிடப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

$$\left.\begin{matrix}\text{ஒரு பொருளின்}\\ \text{வெப்பத் தகவு}\end{matrix}\right\} = \frac{\text{பொருளின் தனிவெப்பக் கொண்மை}}{\text{நீரின் தனிவெப்பக் கொண்மை}}$$

என்று அமையும். நீரின் தனிவெப்பக் கொண்மையின் எண் மதிப்பு cgs இல் *1* ({c} cgs = *1*) ஆதலால், cgs திட்டத்தில் தனி வெப்பக் கொண்மையும் (அஃதாவது தனிவெப்பமும்) தனிவெப்பத் தகவும் (அஃதாவது வெப்ப எண்ணும்) எண் மதிப்பில் மாறாது விளங்கும்.

ஆனால் SI இல் நீரின் வெப்பக் கொண்மை $\neq 1$ (அஃதாவது 4190) என்பதால் தனிவெப்பக் கொண்மையும் தனி வெப்பத் தகவும் வெவ்வேறு எண் மதிப்பாய் வேறுபட்டு விளங்கும். (அடர்த்தியையும் ஒப்படர்த்தியையும் இரு திட்டங் களிலும் ஒப்பு நோக்குக).

தனி வெப்பத் தகவு எல்லா அலகு முறைகளிலும் மாறாத தாகவே அமையும். (எ-டு) செம்பின் தனி வெப்பத் தகவு

SI இல் $\frac{385 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}}{4190 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 0.09189$

cgs இல் $\frac{0.09189 \text{ cal g}^{-1} \text{ °C}^{-1}}{1 \text{ cal g}^{-1} \text{ °C}^{-1}} = 0.09189$

எனவே முன்னர் வெப்ப எண் என்று கூறியதைத் **தனி வெப்பத் தகவு** என்று பொருத்தமாய்க் குறித்துவிட்டு "வெப்ப எண்" என்ற சொல்லை நீக்கிவிட்டால் இதில் சொற்பொருட் குழப்பம் வர வழியில்லை.

SI வழக்குக்கு வந்ததால் வழக்கு வீழ்த்தப் பட்ட சில சொற் களில் இந்த வெப்ப எண்ணும் ஒன்று.

9.3.6. மோல் வெப்பக் கொண்மை அல்லது மூலக்கூற்று வெப்பக் கொண்மை (molar or molecular heat capacity)

ஒரு மூலக்கூறு அல்லது மோலை ஒரு கெல்வின் உயர்த்தத் தேவையான வெப்ப அளவு அதன் வெப்பக் கொண்மை எனப் படும். மோல் வெப்பக் கொண்மை c_m -யும் தனி வெப்பக் கொண்மை c_s-உம்

$$c_m = c_s M$$

எனத் தொடர்புடையன. இதில் M ஒப்பு மூலக்கூற்று நிறை. மோல் வெப்பக் கொண்மையின் அலகுகள்.

$$\langle cm \rangle_{SI} = \text{J mol}^{-1} \text{ k}^{-1}$$

cgs-இல் $\text{erg mol}^{-1} \text{ °C}^{-1} = 10^{-7} \text{ J mol}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

$\text{cal mol}^{-1} \text{ °C}^{-1} = 4.190 \text{ J mol}^{-1} \text{ °C}^{-7}$

9.3.7. பருமளவு வெப்பக் கொண்மை (volumetric specific heat)

ஓரலகுப் பருமம் உள்ள பொருளை ஓரலகு வெப்பநிலை உயர்த்தத் தேவையான வெப்பம் அப்பொருளின் பருமளவு வெப்பக் கொண்மை எனப்படும்.

$$\text{அடர்த்தி } \rho = \frac{M}{V}$$

அல்லது $M = \rho v$; v ஓரலகாக இருக்கும்போது $M = \rho$ எனவே $C_v = c_s \rho$

இதன் பரிமானம் $[c_v] = L^2T^{-2}\theta^{-1}(ML^{-3}) = L^{-1}MT^{-2}\theta^{-1}$

இதன் அலகுகள்:

SI இல்: $Jm^{-3} K^{-1}$

cgs இல்: $cal\ cm^{-3}\ {}^{\circ}C^{-1} = 4.19 \times 10^6\ Jm^{-3} K^{-1}$

$Kcal\ cm^{-3}\ {}^{\circ}C^{-1} = 4.19 \times 10^3\ J\ m^{-3}K^{-1}$

$erg\ cm^{-3}\ {}^{\circ}C^{-1} = 0.1\ J\ m^{-3}\ K^{-1}$

9.3.8. தனி மறை வெப்பம்* அல்லது உருமாற்றுத் தனிவெப்பம் (specific latent heat or specific heat of transformation)

ஒரு பொருள் உருகு நிலையிலோ அன்றிக் கொதிநிலையிலோ — **வெப்ப நிலை மாறாமல்** நிலைமாற்றம் அடையத் தேவையாகும் வெப்பம் அதன் **மறை வெப்பம்** அல்லது **உருமாற்ற வெப்பம்** எனப்படும். ஓரலகு நிறையுடைய பொருள் வெப்ப நிலை மாறாத பொழுது நிலைமாற்றம் அடைவதற்கு ஆகும் வெப்பம் அதன் **தனி** மறைவெப்பம் எனப்படும். எடுத்துக் காட்டாக, 273.15K இல் உள்ள ஒரு கிலோகிராம் பனிக்கட்டி முழுவதும் அதே வெப்ப நிலையில் நீராக மாறுவதற்கு அது ஈர்க்கும் வெப்பம் பனிக்கட்டி உருகுதலின் தனிமறை வெப்பம் எனப்படும்.

எனவே இதன் பரிமானம் $[l] = L^2T^{-2}$

இதன் அலகுகள்:

SI இல் <l> $= J\ kg^{-1}$

cgs இல் $= cal\ g^{-1} = 4190 J\ kg^{-1}$

$Kilocal\ g^{-1} = 4.190 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$

$erg\ g^{-1} = 10^{-7}\ J\ kg^{-1}$

இவற்றுக்கான SI எண் மதிப்புத் தகவுகள் தனி வெப்பக் கொண்மைத் தகவை ஒத்தனவே ($\therefore \sim 1^{\circ}c = \sim 1k$)

இதுவரை (மறைவெப்பம் latent heat) என வெறுமனே குறிப்பிட்டு வந்தது தவறு. எடையால் வகுபடுவதால் இது, **தனி** மறைவெப்பம் (specific heat capacity) எனப்பெற வேண்டும்.

பனிக்கட்டியின் தனிமறை வெப்பத்தை SI-அலகில் தீர்மானிக்கும் செய்முறைக் கணக்கீட்டைக் கருதலாம்:

*9.3.8. உள்ளுறை வெப்பம் அகவெப்பம் என்ற தொடர்கள் 'Internal heat, intrinsic heat என்பனவற்றைக் குறிக்கும். எனவே இங்கு பயன் படுத்தப் படவில்லை.

கணக்கு: செம்பு வெப்பக் கலம் ஒன்றின் நிறை $m_1 = 61.707g$; செம்பின் தனிவெப்பக் கொண்மை $c_1 = 385\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$ அதில் முக்கால் பாகம் நீரத்தை நிரப்பிய போது அதன் நிறை $m_2 = 168.051g$. அதன் வெப்பநிலை $t_1 = 30.6°C$. $0°C (= t_2)$ பனிக் கட்டியை இட்டபோது தாழ்ந்த வெப்பநிலை $t_3 = 25.4°C$; தாழ்ந்த வெப்பநிலைக்கான திருத்தம் $dt = 0.1°C$. பனிக்கட்டி யுடன் நீரத்துடன் வெப்பக்கலத்தின் நிறை $m_3 = 170.780\ g$. இவற்றில் இருந்து பனிக்கட்டி உருகுதலின் தனிமறை வெப் பத்தைத் தீர்மானி. நீரின் தனிவெப்பக் கொண்மை $c_3 = 4190\ Jkg^{-1}k^{-1}$

$m_1 = 61.707\ g$ $\quad c_1 = 385\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$ $\quad t_1 = 30.6°C$
$m_2 = 168.051g$ $\quad c_2 = 2100\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$ $\quad t_2 = 0°C$
$m_3 = 170.780\ g$ $\quad c_3 = 4190\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$ $\quad t_3 = 25.4°C$
$l = ?$ $\quad dt = 0.1°C$

வெப்பக் கலத்தின் நிறை $m_1 = 61.71 \times 10^{-3}\ kg$
நீரத்தின் நிறை $(m_2 - m_1) = 106.344g = 0.106\ 3\ kg$
பனிக்கட்டியின் நிறை $(m_3 - m_2) = 2.729\ g = 2.729 \times 10^{-3}\ kg$

வெப்பக்கலம், நீரம் இவற்றின் வெப்பநிலைத்தாழ்ச்சி
$(t_1 - t_3 - dt) = 5.3°C = 53k$
பனிக்கட்டியின் வெப்பநிலை உயர்ச்சி $(t_3 - t_2) = 25.4°C \quad 25.4k$

வெப்பக்கலம் இழந்த வெப்பம்:

$m_1\ c_1\ (t_1 - t_3 + dt) = 61.\ 71 \times 10^{-3}\ kg \times 385 Jgk^{-1}\ k^{-1} \times 5.3k$
$= 100J$

நீரம் இழந்த வெப்பம்

$(m_2 - m_1) c_2\ (t_1 - t_3 + dt) = 0.1063\ kg \times 2100J\ kg^{-1}\ k^{-1} \times 5.3k$
$= 118\ 3\ J$

மொத்த வெப்ப இழப்பு $= 100J + 1183J = 1283\ J$

$0°C$ பனிக்கட்டி $0°c$ நீராக மாறத் தேவையான வெப்பம்
$(m_3 - m_2)\ l = 2.729 \times 10^{-3}\ kg \times l$
$0°C\ (t_2)$ நீர் $t_3°c$க்கு உயரத் தேவையான வெப்பம்
$(m_3 - m_2)\ c_3\ (t_3 - t_2) = 2.729 \times 10^{-3}\ kg \times 4190 Jkg^{-1} \times 25.4k$

பனிக்கட்டி ஏற்ற மொத்த வெப்பம் $= 2.729 \times 10^{-3} kg \times l \times 290.4J$

வெப்ப ஏற்பு = வெப்ப இழப்பு

$2.729 \times 10^{-3}\ kg \times l \times 290.4\ J \times 1283\ J$
$2.729 \times 10^{-3} kg \times l = 1283J - 290.4J = 992.6J$

$$l = \frac{992.6\ J}{2.729 = 10^{3}\text{kg}} = 3.638 \times 10^{5} \frac{J}{kg}$$

$$= 0.3638 \times 10^{6} Jkg^{-1} = \underline{0.3638 MJ\ kg^{-1}}$$

பனிக்கட்டியின் தனிமறை வெப்பம் = 0.3638 MJ kg^{-1}

9.3.9. வெப்பச் சமநீர் (water equivalent of heat capacity)

ஒரு பொருளின் வெப்பச் சமநீர் என்பது அப்பொருளின் வெப்பக்கொண்மை (heat capacity)க்குச் சமமான வெப்பக் கொண்மையைக் கொண்ட நீரின் நிறையாகும். வெப்பச் சமநீர் = m × c

cgs-திட்டத்தில் நீரின் வெப்பக் கொண்மையின் எண் மதிப்பு 1 என்று கொண்டதால், ஏனைய பொருள்களின் வெப்பக் கொண்மையைச் சமநீரின் வெப்பக் கொண்மையால் குறிப்பிடுவது கணக்கீட்டுக்கு எளிதாக அமையும். SI இல் நீரின் தனிவெப்பக் கொண்மை 1 அல்லாததால் ($C_w = 4190\ J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$) வெப்பச் சமநீர் என்ற கோட்பாடு நமக்குச் சிறப்புப் பயன் எதனையும் நல்கப் போவதில்லை. எனவே வெப்பக் கொண்மை என்ற கணிசத்தை, மட்டும் கருத்தில் இருத்தினால் போதும்.

9.4. வெப்பப் பரவல் முதலானவற்றின் அலகுகள்

வெப்பம் பரவுதல் பற்றிய கணிசங்களுள் வெப்பப் பாய்வு, அதன் பரப்படர்த்தி, வெப்பநிலை வாட்டம், வெப்பக் கடத்தம், விரவம் மாற்றக் குணகம் முதலானவை அடங்கும்.

9.4.1. வெப்பப் பாய்வு (heat flow or heat flux-φ)

வெப்பம் பாயும் திசையில் ஓரலகு நேரத்தில் பாயும் வெப்பத்தின் அளவு வெப்பப்பாய்வு எனப்படும்,

$$\phi = \frac{dQ}{dt}$$

எனவே இதன் பரிமானம்

$$[\phi] = L^2 MT^{-2} T^{-1} = L^2MT^{-3}$$

இது திறனின் பரிமானத்தை முற்றொத்தது; திறனின் அலகாலேயே அளக்கப்பெறும். <φ> = வாட்.

கலோரி என்ற வெப்ப அலகில், வெப்பப்பாய்வு கலோரி/ நொடி, கலோரி / நிமையம், கலோரி / மணி, கிலோகலோரி / நொடி......போன்ற அலகுகளால் அளக்கப்பட்டது.

1 கலோரி/நொடி = 4.1868w
1 கிலோகலோரி/மணி = 1.16w
1 பிரித்தானிய வெப்ப அலகு / மணி = 1055.79 wh
= 1.05579 kwh

9.4.2. வெப்பப் பாய்வின் பரப்படர்த்தி (surface density of heat flow)

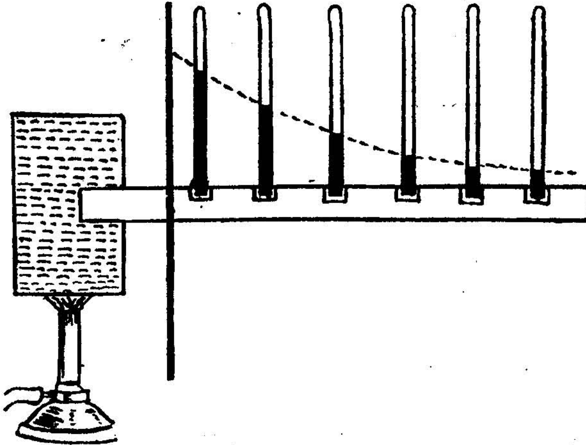
வெப்பம் பாயும் திசைக்குச் செங்குத்தான ஓரலகுக் குறுக்குப் பரப்பில் ஆன வெப்பப் பாய்வு வெப்பப்பாய்வின் பரப்படர்த்தி எனப்படும்.

$$q = \frac{d\phi}{dA}$$

இதன் பரிமானம், $[q] = L^2 MT^{-3} L^{-2} = MT^{-3}$
எனவே இதனை $<q> =$ w வாட் / மீட்டர்^{2} wm^{-2} என்ற அலகில் அளக்கலாம். இதன் cgs அலகு கலோரி / நொடி cm^2
$1 \text{ cal } s^{-1} \text{ cm}^{-2} = 41.868 \text{ kwm}^{-2}$

9.4.3. வெப்பநிலை வாட்டம் (temperature gradient)

அழுத்த வாட்டம், கதிவாட்டம் போன்றதே வெப்பநிலை வாட்டமும். சீரான வெப்பக் கடத்தத்தின்போது A முகப்பரப்பும்



படம் 63-A வெப்ப நிலை வாட்டம்

கடத்தமும் உடைய பொருளின் நீளவாக்கில் l_1 தொலைவில் T_1 ,வெப்பநிலையும் l_2-இல் T_2-வும் உள்ளபோது t நொடியில் பாயும் வெப்ப அளவு,

$$Q = \lambda A \frac{T_2 - T_1}{l_2 - l_1} \times t$$

இதில் $\frac{T_2 - T_1}{l_2 - l_1}$ என்பது வெப்பநிலை வாட்டம் எனப்படும்.

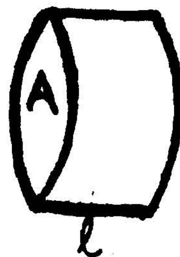
இதன் பரிமானம், [வெப்பநிலை. வாட்டம்] $= \theta L^{-1}$
எனவே SI இல் இதன் அலகு K m^{-1}
cgs ,, ,, ,, $°C\ cm^{-1} = 100 km^{-1}$

9.4.4. வெப்பக் கடத்தம் (thermal conductivity–λ)

ஓரலகுத் தடிமமும், ஒரு சதுர அலகு முகப்பரப்பும் கொண்ட ஒரு பொருளின் முகப்பரப்புகளுக்கு இடையே ஓரலகு வெப்ப நிலை வேறுபாடு உள்ள போது அவற்றுக்கு ஊடே கடத்தப் படும் வெப்பத்தின் அளவு வெப் பக்கடத்தம் எனப்படும்.

A சதுர அலகுப் பரப்புடைய பொருளில் வெப்பநிலை வாட்டம் $(T_2—T_1)/l_2—l_1$ எனின் அதன் வழியே t நொடியில் கடத்தப்படும் வெப்பத்தின் அளவு Q-வுக்கான வாய்பாடு

$$Q = \lambda A \frac{T_2 - T_1}{l_2 - l_1} \times t$$



A - முகப்பரப்பு
l - நீளம்

படம் 64. வெப்பக் கடத்தம்

இதில் λ என்பது ஒரு பரிமான மாறிலி. இது வெப்பக் கடத்தம் எனப்படும். மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் பரிமானங் களை யிட

$$M(L^2T^{-2}\theta^{-1})\theta = [\lambda] L^2\theta L^{-1}T$$
$$[\lambda] = MLT^{-3}\theta^{-1}$$

வெப்பக் கடத்தத்தின் அலகுகள்

SI இல் $Wm^{-1}K^{-1}$

cgsஇல் $erg\ cm^{-1}\ s^{-1}\ °C^{-1} = 10^{-5} wm^{-1}k^{-1}$

$cal\ cm^{-1}\ s^{-1}\ °C^{-1} = 418.7 wm^{-1}\ k^{-1}$

$$\text{kcal m}^{-1}\text{ h}^{-1}\ ^\circ\text{C}^{-1} = \frac{1}{360}\text{ cal cm}^{-1}\text{s}^{-1}\ ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$= \frac{418.7}{360}\text{ wm}^{-1}\text{k}^{-1}$$

வெப்பக் கடத்தத்துக்கான ஒரு செய்முறைக் கணக்கை SI-ல் காணலாம் :

கணக்கு: சேரல் வெப்பக்கடத்தக் கருவியின் உருளைத் தண்டின் 104 mm நீளவேறுபாட்டில் வெப்ப நிலைகள் $\theta_1 = 89.3^\circ C$; $\theta_2 = 65^\circ C$. 100 நொடியில் (t) 312 கிராம் (m) நீர்ப் பாய்வு உள்ள போது நீரின் புகு வெப்பநிலை $\theta_3 = 28.4^\circ C$ வெளியேறும் வெப்பநிலை $\theta_4 = 35.2^\circ C$. தண்டின் விட்டம் $2r = 34.7$ mm; நீரின் தனிவெப்பக் கொண்மை 4190 J kg^{-1} k^{-1} எனின் தண்டுப் பொருளின் வெப்பக் கடத்தத்தைத் தீர்மானி.

$\theta_1 = 89.3 C^\circ$; $\theta_2 = 65^\circ C$ $(\theta_1 - \theta_2) = 24.3^\circ C = 24.3 k$
$\theta_3 = 28.4^\circ C$; $\theta_4 = 35.2^\circ C$ $(\theta_4 - \theta_3) = 6.8^\circ C = 6.8\ k$
$m = 312\ g$; $t = 100 s$; $m/t = 3.12 g\ s^{-1} = 3.12 \times 10^{-3} kgs^{-1}$
$l = 104 mm = .104 m$; $2r = 34.7 mm$; $r = 17.35 mm$
$c = 4190\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$ $A = \pi r^2$; $= 17.35 \times 10^{-3} m$

வெப்பப் பாய்வு மேனி

$$\frac{Q}{t} = \frac{mc\,(\theta_4 - \theta_3)}{t} = \frac{\lambda A\,(\theta_1 - \theta_2)}{l}$$

$$\lambda = \frac{l}{\pi r^2} \times c \times \left(\frac{m}{t} \times \frac{\theta_4 - \theta_3}{\theta_1 - \theta_2}\right)$$

$$= \frac{0.104 m}{\pi\,(17.35 \times 10^{-3} m)^2} \times 4190 Jkg^{-1}k^{-1}$$

$$\times\ 3.12 \times 10^{-3} kg\,s^{-1} \times \frac{6.8k}{24.3k}$$

$$= \frac{0.104 \times 4190}{\pi(17.35 \times 10^{-3})^2} \times 3.12 \times 10^{-3}$$

$$\times \frac{6.8}{24.3} Js^{-1}\ k^{-1}\ m^{-1}$$

$$= 402.5\ Js^{-1}\ k^{-1}\ m^{-1}$$

$$= 402.5\ W\ m^{-1}\ k^{-1}$$

9.4.5. வெப்ப விரவல் (thermal diffusivity-a)

நீளத்தண்டின் ஒரு முனையை வெப்பப் படுத்துங்கால், வெப்பம் அத்தண்டின் வழியே பாய்வதற்கு மட்டும் அல்லாமல், அத்தண்டுப்பொருளின் துகள்களின் வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்கும் பயன்படுகிறது. வெப்பநிலை வாட்டத்தில் ஏற்படும் இந்த விளைவு **வெப்பவிரவல்** எனப்படுகிறது. வெப்பநிலை மாற்றத்தகவுக்கான இந்தக் கணிசம் வெப்ப விரவம் எனக் கெல்வில் கோமகனாலும், **வெப்பநிலையளவுக் கடத்தம்**' என மேக்சுவெல்லாலும் குறிக்கப்பட்டது. இது, வெப்பக் கடத்தத்துக்கும், பருமளவு வெப்பக் கொண்மைக்கும் உள்ள தகவே, வெப்பவிரவம்

$$a = \frac{\lambda}{c_{vol}} = \frac{\lambda}{c_{sp}\rho}$$

எனவே இதன் பரிமானம்

$$[a] = \left[\frac{\lambda}{c_{sp}\rho}\right] = \frac{LMT^{-3}\theta^{-1}}{L^2T^{-2}\theta^{-1}L^{-3}M} = L^2T^{-1}$$

இது பொருட் பண்பியலில் உள்ள விரவற் குணகத்தை ($[D] = L^2T^{-1}$) ஒத்துள்ளது. ஒரு வளிமத்தின் வெப்பவிரவ எண் மதிப்பும் விரவற்குணக எண்மதிப்பும் ஏறத்தாழச் சமமாகவே அமைந்துள்ளன.

வளிமங்களின் வெப்பவியக்கக் கொள்கைப்படி kinetic theory of gases)

$$\lambda = DP_{cv}$$

இதில் C_V பருமம் மாறாத பொழுது வளிமத்தின் தனி வெப்பக் கொண்மை இதிலிருந்து கிடைக்கும்.

$$D = \frac{\lambda}{P_{cv}}$$

என்ற சமன்பாடு, இந்த இரு கணிசங்களின் ஒப்புமையைப் புலப் படுத்தும்.

9.4.6. வெப்ப மாற்றுதற் குணகம் (Heat transfer coefficient)

இரு பொருள்களுக்கு இடையிலான வரம்பில் (தொடு எல்லையில்) சிறு வெப்பநிலை வேறுபாடு SI உள்ளபோது, இந்த வரம்பு வழியாக வெப்பப் பாய்வு ஏற்படுகிறது. இந்த வெப்பப் பாய்வு

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha STA$$

இதில் α என்ற மாறிலி, வெப்பமாற்றுதற் குணகம் எனப்படும். இதனை, ஓரலகு வெப்பநிலை வேறுபாடுள்ள ஒரு சதுர அலகுப் பரப்பின் வழியாகப் பாயும் வெப்பத்தின் அளவு என வரையறுக் கலாம்.

$[Q] = L^2MT^{-2}; [A] = L^2; [T] = \theta; [t] = T$. எனவே
$[\alpha] = MT^{-3}\theta^{-1}$

வெப்பமாற்றுதற் குணகத்தின் அலகுகள்

SIஇல் $Wm^{-2}k^{-1}$
cgs இல் erg $cm^{-2}s^{-1}{}^{\circ}C = 10^{-3}Wm^{-2}k^{1}$
$cal\ cm^{-2}\ s^{-1}\ {}^{\circ}C^{-1} = 41.87kWm^{-2}k^{-1}$
$kcal\ m^{-2}h^{-1}\ {}^{\circ}C^{-1} = \frac{1}{360}\ cal\ cm^{-2}s^{-1}{}^{\circ}C^{-1}$
$= \frac{4187}{36} kwm^{-2}k^{-1}$

9. 5. மேலும் சில வெப்பவியல் அலகுகள்

19 ஆம் நூற்றாண்டு வரையில் ஆன அறிவியல் கொள்கைகள் எல்லாம் 'சடசடென மடமடென'ச் சரிந்திட்ட போதிலும், மேஃசுவெல்லின் மின்னியக்கக் கொள்கைகளையும் புறங்கண்டு, இன்றும் மாறாது பொலியும் ஓரே கொள்கை என்ட்ரபி(entropy) பற்றிய கொள்கையே. ஐன்ஸ்டீனின் கூற்றுப்படி, என்ட்ரபிக் கொள்கை எக்காலத்திலும் மாற்ற இயலாதவாறு வலிமை மிகுந்த அடிப்படை உடையது. இந்த என்ட்ரபி பற்றிய சில அலகு களையும், வான்டர்வால் வளிமச் சமன்பாட்டில் உள்ள குணகங் களின் அலகுகளையும் அறியலாம்.

9.5.1. என்ட்ரபி (entropy*-S)

ஒரு பொருளின் 'என்ட்ரபி' என்பது, அப்பொருளின் சூழலில் இருந்து, வெப்பம் கொடுக்கப்படவோ எடுக்கப்படவோ இல்லாத

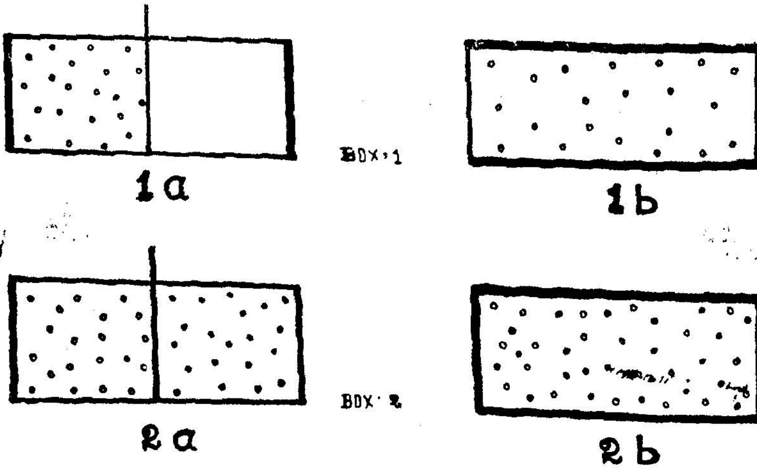
* 9.5.1. 'என்ட்ரபி' என்பதன் வேர்ச்சொல் விளக்கம் :
தமிழ் ; இல், இன் → GK. en = in
திருப்பு → GK trope = turn.
நிகழ்வின் திருப்பத்தில் இடைப்பது. transformation content என்பன வேர்ச்சொற்பொருள். 'இற்திருப்பம்' எனத் தமிழில் கூறலாம்.

பொழுது—அஃதாவது அப்பொருள் வெப்பமுறா மாற்றங்களுக்கு உட்படும் பொழுது அதன் மாறாத ஓர் வெப்பப்பண்பு என விளக்கப்படுகிறது. அழுத்தம், வெப்பநிலை இவற்றைப்போல் இந்தப் பண்பை உணரவோ, காணவோ இயலாது. ஓர் அமைப்பின் என்ட்ரபி

$$S = S_2 - S_1 = \frac{Q}{T}$$; சரியாக, நுணுக்க அளவீட்டில்

$$S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

ஓர் அமைப்பின் மாறாத வெப்பப்பண்பு (என்ட்ரபி) அந்த அமைப்பின் ஒழுங்கின்மைப் படிநிலையின் (degree of disorder) அளவால் வரையறுக்கப்படும். இதனை விளக்குவதற்கு ஓர் எடுத்துக் காட்டை மேற்கொள்ளலாம். நகர்த்தக்கூடிய இடைத் தடுப்பு உள்ள இரு பெட்டிகளைக் கருதலாம். முதல் பெட்டியின்



படம் 65. 66. என்ட்ரபி விளக்கம்

ஒரு பகுதியை வெற்றிடம் ஆக்கி, மறு பகுதியை ஒரு வளிமத்தால் நிரப்பலாம். தடுப்புத்திரையை அகற்றியவுடன் பெட்டியின் ஓர் அறையில் (1a) மட்டுமே இருந்த வளிமம், பெட்டி முழுக்கப் பரவி விடுகிறது (படம் 1b). இரண்டாவது பெட்டியின் இரு அறைகளி லும் (படம்2a) இரு வேறுபட்ட வளிமங்கள் நிரப்பப் பட்டுள்ளன. இடைத்திரையை அகற்றியவுடன் இரு வளிமங்களும் கலந்து,

உடனடியாகப் பெட்டி முழுக்கப் பரவி விடுகின்றன. இந்த நிகழ் முறையில் ஆற்றல் இழப்பு ஏதும் இல்லை.

பெட்டி 1-இன் 1b நிலையில் வளிமத்தின் மூலக் கூறுகள் இயங்க இடம் மிகுதிப்படுகிறது. அஃதாவது அவற்றின் 'அங்கிங்கி யன்மை' (randomness) அதிகரிக்கிறது. இரண்டாவது பெட்டி யின் 2b நிலையில் குழப்பம் (chaos) மிகுதிப்படுகிறது; அஃதாவது ஒழுங்கின்மை அதிகரிக்கிறது.

இந்த அங்கிங்கியன்மை அல்லது குழப்பம் அல்லது ஒழுங் கின்மை—யின் அதிகரிப்பு என்ட்ரபி எனப்படும். எடுத்துக்காட் டாக, நீட்டப்பட்ட இழுவி (ரப்பர்-rubber) சுருங்கவிடப்படும் போது அதன் ஒவ்வொரு கூறும் ஒழுங்கு நிலையில் இருந்து ஒழுங் கின்மை நிலைக்குச் செல்கிறது. அஃதாவது, அந்த அமைப்பின் ஆற்றல் (என்ட்ரபி) அதிகரிக்கிறது.

உயர் மட்டத்தில் இருந்து தாழ் மட்டத்துக்கு ஓடும் நீரைப் போல, உயர் அழுத்தத்தில் இருந்து தாழ்ந்த அழுத்தத்துக்குப் பாயும் மின்னூட்டத்தைப் போல, உயர்வெப்ப அழுத்தத்தில் (அஃதாவது வெப்பநிலையில்) இருந்து தாழ் வெப்ப அழுத்தத் துக்கு என்ட்ரபியும் பாய்கிறது. இது பரப்பும் ஆற்றலே வெப்பம் என வரையறுக்கப்படுகிறது. எளிமையாகப் புரியும் பொருட்டு இது, 'பெற இயலாத ஆற்றலின் அளவு' அல்லது 'வேலைக்குப் பயன்படாது மீந்துள்ள ஆற்றல்' என விளக்கப் பெறும். இவை நிற்க.

என்ட்ரபியின் வரையறைப்படி அதன் அலகு

$$<S> = <\frac{Q}{T}> < \frac{E}{T} > \frac{J}{K}$$

அஃதாவது சௌல்/கெல்வின் என்பது வெளிப்படை

எனினும், என்ட்ரபி நிகழ்தகவு (probability) டன் தொடர்பு படுத்தப்படும் ஒன்று. (ஆனால் சமப்படுத்தப்படும் ஒன்றல்ல!) நிகழ்தகவுக்குப் பரிமானம் கிடையாது. எனவே என்ட்ர பிக்கும் பரிமானம் கிடையாது எனச் சில ஆசிரியர்கள் கருதி வெப்ப இயல் பற்றிய தமது நூல்களில் என்ட்ரபிக்குப் பரிமானம் இல்லை என எழுதியுள்ளனர். என்ட்ரபிக்கும் பரிமானம் இல்லை என்றால்

$$[S] = \left[\frac{Q}{T}\right] = L^{\circ} M^{\circ} T^{\circ} \theta^{\circ}; \text{ எனவே } [Q] = [T]$$

அஃதாவது ஆற்றலும் வெப்பநிலையும் சமப்பரிமாணம் உடையன வாக ஆகிவிடுகின்றன. இந்நிலை இயலாத ஒன்று. SI அலகின் அளவையியல் பொருத்தமிக்க நெறிமுறைகளின்படி என்ட்ர பிக்குப் பரிமானம் இருந்தே தீரவேண்டும்.

$$[S] = \left[\frac{Q}{T}\right] = L^2 MT^{-2} \theta^{-1}$$

அதன் அலகு, $\langle S \rangle = \left(\frac{Q}{T}\right) = \frac{J}{K}$

எனவே இதன் அலகு SI இல் $\langle S \rangle = JK^{-1}$

cgs இல் $\langle S \rangle = erg/^\circ C$

$\langle S \rangle = cal/^\circ C$

விசைத்திட்டத்தில் $\langle S \rangle = kgfm/^\circ C$

ல K = ல °C ஆதலால் ஆற்றலுக்கான அலகுத் தொடர்புகள் இவற்றுக்கும் அப்படியே பொருந்தும்.

9.5.2. என்ட்ரபிப்பாயம் (flux of entropy-Bs)

a என்ற பரப்புக்குச் செங்குத்தாகப் பாயும் என்ட்ரபி S-இன் காலமேனி (time rate)யைக் கருதலாம். t காலயிடையில் ஓரலகுப் பரப்பில் பாயும் என்ட்ரபி = S/a. எனவே ஓரலகுக் காலயிடையில் ஓரலகுப் பரப்பில் ஆன என்ட்ரபிப் பாய்வு

$$Bs = \frac{S}{a} \div \frac{1}{t}\text{ ; நுணுக்க அளவீட்டின்படி } Bs = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{s}{a}\right)$$

'என்ட்ரபிப் பாயப் பரப்படர்த்தி மேனி' யான இது சுருக்கமாக என்ட்ரபிப்பாயம் என அழைக்கப்படுகிறது.

SI இல் $\langle S \rangle = J\,k^{-1}$; $\langle a \rangle = m^2$; $\langle t \rangle = s$

எனவே $\langle B_s \rangle = Jk^{-1}\, m^{-2}\, s^{-1}$

இதன் பரிமானம் $\langle B_s \rangle = MT^{-3}\theta^{-1}$ என்பது தெரிந்ததே

9.5.3. என்ட்ரபிக் கடத்தம் (entropy conductivity-λs)

என்ட்ரபிப்பாயமும் என்ட்ரபிக் கடத்தமும்

$$B_s = \lambda \frac{dT}{dx}$$

என்ற வாய்பாட்டால் தொடர்புற்றுள்ளன. இதில் பரி மானத்தையிட

$$MT^{-3}\theta^{-1} = [\lambda s]\, TL^{-1}$$

எனவே, $[\lambda_s] = LMT^{-4}\theta^{-1}$
இதன் அலகு $< \lambda_s > = Wm^{-1}\ s^{-1}\ k^{-1}$

9.5.4. வெப்பக் கடத்தமும் என்டரபிக் கடத்தமும்

வெப்பக் கடத்தமும் என்ட்ரபிக் கடத்தமும் ஒன்றல்ல. வெப்பக்கடத்தத்தின் பரிமானம்

$[\lambda] = LMT^{-3}\theta^{-1}$; அதன் அலகு $<\lambda> = W\ m^{-1}\ k^{-1}$
(9.4.4. இல் காண்க)

எனவே, $\lambda = \lambda_s \times$ காலயிடை: $\lambda = \lambda_s t$

$\alpha \neq S$ என்பதைப் போல் $\lambda \neq \lambda_s$ என அறியவேண்டும்.

9.5.5. வான்டெர்வால் சமன்பாட்டில் உள்ள குணகங்கள்

மெய்வளிமம் ஒன்றுக்கான வான்டெர்வால் நிலைமச் சமன்பாடு.

$$\left(\rho + \frac{a}{V^2} \right) (v - b) = \frac{m}{M}\ R\ T$$

இதில்,

P-வளிமத்தின் அழுத்தம்	M-மூலக்கூற்று நிறை
V-அது அடைக்கும் பருமம்	R-அனைத்து வளிம மாறிலி
M-அதன் நிறை	a-ஒரு மாறிலி
T-அதன் சார்பிலா வெப்ப நிலை	b-மற்றொரு மாறிலி

a, b என்ற மாறிலிகள் மூலக்கூறுகளுக்கும், அவற்றுக்கு இடையிலான கவர்ச்சிவிசைகளையும் பற்றியவை. இதில்

$$\frac{a}{V^2} = Pi$$

மூலக்கூற்று ஒருங்கொட்டு விசை (force of cohesion) பற்றிய Pi என்பது அழுத்தத்தின் பரிமானத்தைக் கொண்டது. இது சில வேளைகளில் அக அழுத்தம் என அழைக்கப்படுவதும் உண்டு.

$$a = V^2\ pi$$

$[a] = [L^3]^2\ MLT^{-2}\ L^{-2} = ML^5\ T^{-2}$
$a = V^2 pi$ இதில் $V = m/\rho$ — இதில் ρ மாறிலி pi-மாறிலி. எனவே

$$a = \frac{pi}{\rho^2} m^2$$

ஆகவே a, நிறையின் இருபடிக்கு நேர்த்தகவில் உள்ளது.

மாறிலி a-ஐ அழுத்தத்தின் அலகால் குறிப்பிடுவர். அஃதாவது (லிட்டர்)^{2}க்கு இத்தனை நிலவளியழுத்தம் எனக் கூறுவது வழக்கம்.

ஒரு மோலுக்குரிய மாறிலி a-இன் மதிப்பு a_o எனின்

$$a = a^\circ \left(\frac{m}{M}\right)^2$$

மாறிலி b, வளிமத்தின் எல்லா மூலக்கூறுகளின் மொத்தப் பருமத்தைப் பொறுத்தது என அறிவோம். எனவே இது வளிமத்தின் நிறையைப் பொறுத்ததாகத்தான் இருக்க வேண்டும். அஃதாவது

$$b = b^\circ \frac{m}{M}$$

முற்கூறியது போலவே இதில் b° — ஒரு மோலுக்குரிய bயின் மதிப்பு b பருமத்துக்குச் சார்பானது என்பதால்

$$[b] = L^3$$

b-யின் மதிப்பு வழக்கமாக லிட்டரில் கூறப்பெற்று வருகிறது.

$$\langle b \rangle = 1 \text{ லிட்டர்} = 10^{-3} \text{ மீட்டர்}^3$$

வெப்பயியல் பற்றிய கணிசங்களின் பல்வேறு திட்ட அலகுகளை இதுவரை அறிந்தோம். cgs இல் இருந்து SI க்கு மாறும் போது முற்றிலும் மாறுபடுவது வெப்பத்தின் அலகுதான். கலோரியில் இருந்து சௌல்-உக்கு மாறும்போது எண்மதிப்பும் வேறுபட்டு விடுகிறது. ஏனையவற்றில் எண்மதிப்பு தக்க மடங்குகளுடன் அமையும். வெப்பம் என்பது ஆற்றல். வெப்பத்தின் படிநிலை (degree of hotness) வெப்பநிலை எனப் படும் தொடக்கத்தில் வெப்ப இயலைப் பயில்பவர்களுக்கு இந்த வேறுபாட்டைச் சுட்ட வேண்டியது இன்றியமையாதது.

10. ஒலியியல் அலகுகள்
(ACOUSTIC UNITS)

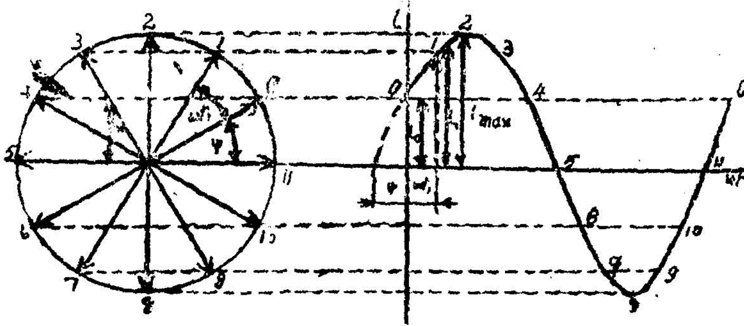
அதிர்வின் இயக்கம் எனஒலிக்கும்
அலகும் ஏனை விசையியலில்
எதிர்ந்த அலகால் விளங்கிடுமால்!
இயன்மை யுறநேர் இசைத்திடுமால்!!

ஒலியியற் கணிசங்கள் அனைத்தும் நீளம் நேரம் போன்ற பிற கணிச அலகுகளாலேயே அளக்கத் தக்கன. இதற்கெனத் தனியான சிறப்பலகு எதுவும் தேவையில்லை. ஓர் அலைவியக்கம் ஆதலால் விசையியலில் அலைவுக்கு எனக் குறித்த கணிசங்களும் அலகுகளும் ஒலியியலிலும் பெரிதும் பயன்படும்.

ஒலியியலில் cgs, fps மற்றும் SI (mks) அலகுத் திட்டங்கள் மட்டுமே வழங்கி வருகின்றன. விசையலகுகள் ஒலியியலில் பயன்படுத்தப் பெறுவதில்லை.

10.1. அலைவியக்க வரையறைகள்

அலைவியக்கத்துக்கான சில வரையறைகளைக் கருதலாம்:-



படம் 67. அலைவியக்கம்

ஒரு வட்டத்தின் பரிதியில் சுற்றிக் கொண்டிருக்கும் துகள் அதன் நடுநிலை Bயிலிருந்து P_o என்ற இடத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம்.

$$\angle BOP^{\circ} = \psi$$

இப்போது நேரத்தைக் கணக்கிடத் தொடங்கினால்

$$ON = OP \sin \theta$$

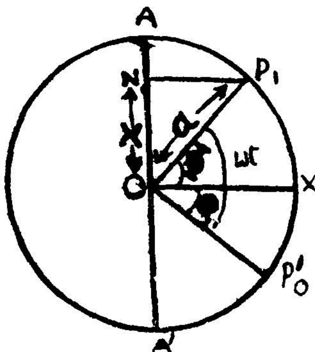
அஃதாவது $y = a \sin \theta$

$$y = a \sin(\omega t + \psi)$$

என அறிவோம்.

10.1.1. கட்டம் (phase):

இதில் கோணம் $\theta = \omega t + \psi$, சுழியில் இருந்து படிப்படியாகக் கூடி 2π ஆகி மீண்டும் மீண்டும் 4π, 6π என வந்து கொண்டேயிருக்கும். இக்கோணம் θ, சுற்றும் துகளின் கட்டம் எனப்படும்.



படம். 68. கட்டமும் தொடக்கக் கட்டமும்

10.1.2. தொடக்கக் கட்டம் (epoch)

நேரத்தைக் கணக்கிடத் தொடங்கும்போது, துகள் எந்தக் கோணத்துக்கான இடத்தில் இருந்ததோ, அந்தக் கோணம் அத்துகளின் தொடக்கக் கட்டம் எனப்படும்.

10.1.3. கட்ட வேறுபாடு (phase difference):

விதிரும் (vibrating) இரண்டு துகள்களுக்கு இடையிலான கட்ட வேறுபாடும் கோண அளவின் பாற்பட்டதே.

10.1.4. அதிர்வம் அல்லது அடுக்கம்* (frequency):

ஓர் ஊடகத்துள் c கதியில் (திசைவேகத்தில்) செல்லும் அலைக் குறிப்பின் அலைநீளம் λ எனின் அதன் அதிர்வு

$$f = \frac{C}{\lambda}$$

இதன் பரிமாணம், $[f] = LT^{-1} L^{-1} = T^{-1}$

அதிர்வின் SI அலகு எர்ட்சு (hertz-Hz)என முன்னரே அறிவோம்.

*10.1.4. frequency - அதிர்வம் (அ) அடுக்கம்
vibration - விதிர்வு
oscillation - அலைவு

30 எர்ட்சுவில் இருந்து 30 k Hz வரையிலான ஒலியதிர்வுகள் மாந்தனின் செவிப் புலப்படுவன. 30 k Hz க்குக் குறைந்தவை கீழ்ப்புற ஒலி (imfrasonics) எனவும் 30 kHz க்கு மிகுந்தவை மேற்புற ஒலி (ultrasonics) எனவும் வேறுபடுத்தப் பெறும்.

10.1.5. அலைநீளம் (wave length)

$$\text{அலை நீளம் } \lambda = \frac{c}{f}$$

இதில் c ஒலியின் கதி; f - அதிர்வம். இந்த அலை நிளத்தை நீளத்துக்கான வெவ்வேறு திட்ட அலகுகளால் அளக்கலாம்.

10.1.6. ஒலியின்கதி அல்லது திசைவேகம் (velocity of sound)

ஓர் ஊடகத்துள் ஒலி செல்லும் பொழுது அதன் கதி $c = f\lambda$ ஒலியின் கதி SI-இல் மீட்டர்/நொடியில் அளக்கப்பெறும்.

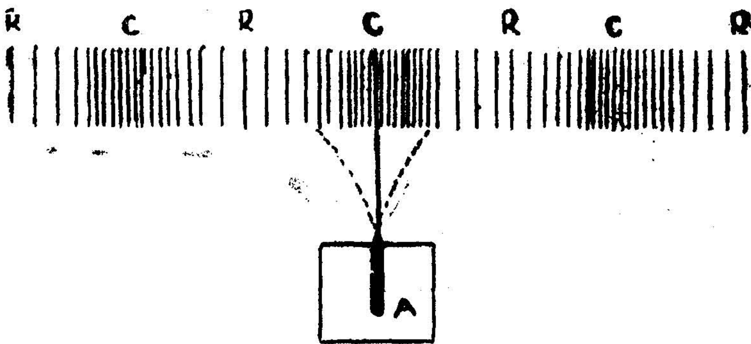
$[c] = T^{-1} L = LT^{-1} = [\text{கதி}]$

விசையியலில் வரும் கதியின் வெவ்வேறு திட்ட அலகுகள் இதற்கு முற்றிலும் பொருந்துவன.

10.2. அலைவியக்கத்தின் 'சார்பிலாப்' பண்புகள்

ஒலியழுத்தம், ஒலியாற்றல், ஒலிச்செறிவு, ஒலித்தடை முதலான கணிசங்களின் அலகுகளைக் காணலாம்.

10.2.1. ஒலியழுத்தம் (Sound Pressure)



படம் 69. ஒலிபரவல்

ஒலியதிர்வுகள் காற்று, நீர் முதலான ஊடகங்களில் அழுத்தத்தை உண்டாக்கிப் பரவுகிறது. இவ்வாறு ஊடகத்தில்

உண்டாகும் அழுத்தம் வீச்சுக்குத் தக்கவாறு நேர்க்குறியுடனும் எதிர்க்குறியுடனும் விளங்கும்.

ஒலியழுத்தம் என்பது ஒரு தூய நெடுக்கை வடிவ (sinusoidal) அலையின் நடுமதிப்பு இருபடி மூல அழுத்தம் என வரையறுக்கப் படுகிறது.

ஒலியழுத்தத்தின் அலகுகள் ஏனைய அழுத்த அலகுகளைச் சார்ந்தனவே.

SI இல் பாஸ்கல் $= Nm^{-2}$
cgs இல் டைன் செமீ$^{-2}$ $= 0.1 Nm^{-2}$

ஒலியழுத்தத்துக்கு பார் (bar) என்ற சிறப்பலகு பயன்பட்டு வந்தது.

1 பார் $= 10^6$ டைன் செமீ$^{-2}$ $= 10^5$ Nm^{-2}

10.2.2. கேட்பு வாயில் (threshold of hearing)

இந்த ஒலியழுத்தம் நமது காதுள் உள்ள செவிப்பறையை அழுத்துவ்தால் ஒலி உணர்வு உண்டாகிறது. இந்த அழுத்தம் ஒலி உணர்வை உணர்த்தத் தக்க அளவில் இருந்தால் தான் கேட்கும். இயல்பான மாந்தனின் செவிக்கு ஒலியுணர்வு புலப் படும் தறுவாயில் உள்ள ஒலியழுத்தம் கேட்புவாயில் எனப்படும். $1000 H_z$ அதிர்வுள்ள தூய நெடுக்கை வடிவ ஒலிக்குறிப்பின் கேட்புவ்ாயில் ஏறத்தாழ 2×10^{-5} பாஸ்கல் அழுத்தத்துக்குச் சமமாகும்.

கேட்புவ்ாயில் $kH_z = 0.0002$ டைன்/செமீ^{2} $= 2 \times 10^{-5}$Pa

10.2.3. பருமளவுக்கதி அல்லது திசைவேகம் (volumetric-velocity):

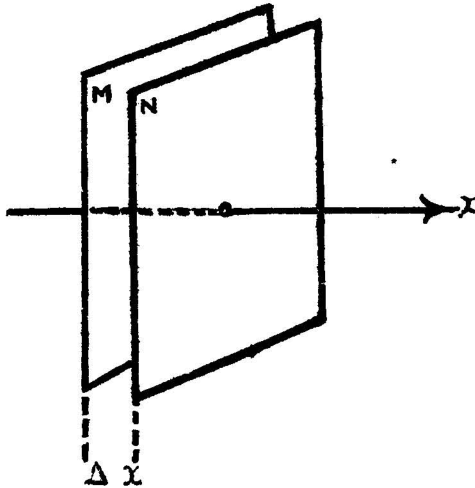
ஒலியலையில் உள்ள துகள்களின் வீச்சுக்கதியானது அதிர் வின் வீச்சு, அடுக்கம், கட்டம் முதலியவற்றைப் பொறுத்தது.

ஓர் ஊடகத்தில் (x அச்சின் வழியாக) ஒரு நெடுக்கலை செல்வ தாகக் கருதுவோம். குறித்தவொரு நேரத்தில் A என்ற தளத்தில் உள்ள துகள்களின் கதி v என்க. Aயிலிருந்து Δx தொலைவில் உள்ள B என்ற தளத்தைக் கடக்க ஆகும் நேரம்.

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} \text{; அல்லது } \Delta x = v \Delta t$$

தற்போது A என்ற பரப்பைக் கருத, அதற்கான பருமம் $\Delta x.A$.
எனவே

$$\Delta x.\ A = V \Delta t\ A$$



படம் 70. பருமளவுக்கதி

ஓரலகு நேரத்தில் பருமம் vA என ஆகும். இந்தக் கணிசமே பருமளவுக்கதி என வழங்கப்படுகிறது. இதன் பரிமாணம் $= LT^{-1} L^2 = L^2 T^{-1}$ எனவே இதன் அலகுகள்

SI இல் $m^3\ s^{-1}$

cgs இல் $cm^3\ s^{-1} = 10^{-6} m^3 s^{-1}$

10.2.4. ஒலியாற்றல் (Sound energy):

ஒலிபரவும் ஊடகத்தில் துகள்களின் அதிர்வுக்கான இயக்க ஆற்றலும் நெகிழ்வு மாற்றத்துக்கு (elastic deformation) ஆன நிலைப்பாற்றலும் அடங்கியிருக்கும். ஒலியாற்றலும் ஏனைய ஆற்றல் அலகுகளாலேயே அளக்கப்பெறும். ஆற்றலின் அலகு

SI இல் செளல்

cgs இல் எர்கு $= 10^{-7}$ செளல்

என அறிவோம்.

10.2.5. ஒலியாற்றலின் அடர்த்தி (density of sound energy)

ஊடகத்தின் ஓரலகுப் பருமத்தில் அடங்கிய ஒலியாற்றல். ஒலியாற்றல் அடர்த்தி எனப்படும். இதன் அலகு

SI இல் சௌல்/மீட்டர்$^{-3}$ J m^{-3};
cgs இல் எர்கு/சென்டிமீட்டர்^{3} = 0.1 Jm^{-3}

10.2.6. ஒலியாற்றலின் பாய்வு (flow of sound energy)

ஓர் ஊடகத்தில் பரவும் அலைகள் தமது ஆற்றலால் ஆற்றற் பாய்வை ஏற்படுத்துகின்றன. இது, அலையின் திசைக்குச் செங்குத்தான ஒரு பரப்பில் ஓரலகு நேரத்தில் பாயும் ஆற்றலால் அளந்தறியப் பெறும். எனவே "ஒலியாற்றல் பாய்வு" திறனின் அலகால் அளக்கப்பெறும்.

SI இல்: வாட் (W = Js^{-1})
cgs இல்: எர்கு/நொடி = 10^{-7} W
கலோரி/நொடி = 4.190 Js^{-1}

10.2.7 ஒலிச்செறிவு (sound intensity)

ஒலியாற்றல் பாய்வின் அடர்த்தி ஒலிச்செறிவு ஆகும். அஃதாவது, அலைபரவும் திசைக்குச் செங்குத்தான ஓரலகுப் பரப்பில், ஓரலகு நேரத்தில் பாயும் ஆற்றல் ஆகும். எனவே இதன் பரிமானம்

$$[1] = MLT^{-2}\,LT^{-1}\,L^{-2}\,MT^{-3}$$

இது, SI இல் வாட்/மீட்டர்^{2} W m^{-2}
cgs இல் எர்கு/செமீ^{2} நொடி = 10^{-3} W m^{-2}

என்ற அலகுகளால் அளந்தறியப் பெறும்.

10.2.8. ஒலிச் செறிவு மட்டம் (level of sound intensity):

இரு ஒலியலைகளின் செறிவு I_1, I_o எனின் இச்செறிவுகளின் மட்டங்களுக்கு இடையிலான வேறுபாடு

$$L_i = \text{மடக்கை}_{10}\ \frac{I}{I_o} \quad \left(L_i = \log_{10} \frac{I}{I_o}\right)$$

இந்த மட்டவேறுபாடு பெல் (bel-B) என்ற அலகால் அளக்கப் பெறும். நடைமுறையில் பெல்லில் பத்தில் ஒரு பாகமான டெசிபெல் (dB) பெரிதும் பயன்படுகிறது. டெசிபெல்லில் அளந்தால்

$$L_i\ \text{டெசிபெல்லில்} = 10\ \text{மடக்கை}_{10} \frac{I_1}{I_0}$$

இங்ஙனமே ஒலியின் திறன் தகவு எனப்படும் ஒலியாற்றற் பாய்வு மட்டங்களை அளக்கலாம்.

10.2.9. ஒலியழுத்த மட்டம் (sound pressure level)

P_0, P_1 என்ற இரு ஒலியழுத்த மட்டங்களின் வேறுபாடு

$$L = 2 \text{ மடக்கை}_{10} \frac{P_1}{P_0} \text{ (பெல்லில்)}$$

$$L_p = 20 \text{ மடக்கை}_{10} \frac{P_1}{P_0} \text{ (டெசி பெல்லில்)}$$

என்ற வாய்பாட்டால் வரையறுக்கப் பெறும்.

இது, பெல், டெசிபெல், நெப்பர் (Np) ஆகிய அலகுகளால் அளக்கப்பெறும்

10.2.10. ஒலிச்செறிவு மட்டம் ஒலியழுந்த மட்டம் 3 இவற்றுக் கான அலகுகள்

ஒலி உணர்வைத் தீர்மானிக்கும் கணிசங்களாகப் பெரிதும் பயன்படுபவை ஒலிச் செறுவு மட்டமும், ஒலியழுத்த மட்டமும் தாம். இவற்றுக்கான அலகுகள் பெல், டெசிபெல், நெப்பர் என அறிவோம்.

தொலைபேசியைக் கண்டுபிடித்த அலெஃசாண்டர் கிரகாம் பெல் (Alexander Graham Bell 1847-1922) பெயரில் பெல் தொலைபேசி நிறுவனம் 1923 இல் பெல் என்ற இந்த அலகைப் பயன்படுத்தியது. 1928 இல் பன்னாட்டு ஒப்புதல் பெற்றது.

'பெல்' என்ற இந்த அலகின் மதிப்பைக் கொண்ட வெவ் வேறு பெயர்களும் வழக்கில் உள்ளன. (logarithmic unit என் பதன் சுருக்கமாக லாகிட் (logit) 1952 இலும்; (decilogarithmic uuit) என்பதன் சுருக்கமாக டெசிலிட் (decilit) 1955 இலும்; டெசிலாஃ (decelog) டெகாம்லாஃ (decomlog), டெசிலூ (decilu) என்ற பெயர்கள் 1954 இலும் பரிந்துரைக்கப் பெற்றன.

எனினும் 1937 இல் கூடிய முதல் பன்னாட்டு ஒலியியற் பேராயத்தின் (Interntional Acoustic Congress) ஒப்புதல் பெற்ற இரு அலகுகளுள் டெசிபெல் ஒன்று; மற்றது போன் (phon).

இந்த அலகுகள் SI இலும் cgs திட்டத்திலும் மாற்ற முறாதவை.

10.2.11. திறன் தகவு (power ratio)

படித்தர மட்டத்துக்குச் சார்பாக அளக்கும் ஒலி அல்லது மின்சாரத் திறன் திறன் தகவு எனப்படும்; இதுவும் 'பெல்'

என்ற அலகாலேயே அளக்கப் பெறும். W_1 W_0 என்ற திறன்களுக்கான இடை

$$L = \text{மடக்கை}_{10} \frac{W_1}{W_0}$$

இதுவே டெசிபெல்லில் அளக்கப்படும்போது

$$L = 10 \text{ மடக்கை}_{10} \frac{W_1}{W_0}$$

என வழங்கப் பெறும். இவற்றுக்குப் பதிலாக இயல்மடக்கை அலகுகளைப் பயன்படுத்துவது சில வேளைகளில் ஏந்தாகயிருக்கும்.

$$L = \text{மடக்கை}_e \frac{W_1}{W_0}$$

இதில் கிடைக்கும் திறன் தகவு நெப்பர் (neper-N_p)* என்ற அலகால் அளக்கப்பெறும்.

W_1க்கும் W_0க்கும் இடையிலான திறன் இடையூடு

$$= \tfrac{1}{2} \text{ மடக்கை}_e \frac{W_1}{W_0} \text{ நெப்பர்}$$

எனவே 1 நெப்பர் = 0.8686 பெல் = 8.686 dB.

10.2.12. ஒலித்தடை (acoustic resistance)

மின்சார இயலில் உள்ள கிர்க்காவ் (Kirchoff) நெறிகளைப் பயன்படுத்தி, சில ஒலியியற் புதிர்களை விடுவிக்கலாம் என வெப்ஸ்டர் 1919 இல் பரிந்துரைத்தார். இதன்படி, மின் தடையைப் போலவே ஒலித்தடையை அளக்க ஒலியியல் ஓம் என்ற அலகை 1926 இல் ஸ்டீவர்ட் (stewart) பயன்படுத்தினார்.

ஒரு பரப்பில் ஒலித்தடை அல்லது ஒலி எதிர்வு (acoustic impedence) என்பது ஓரலகுப் பரப்பின் சராசரி ஒலியழுத்துக்கும், அப்பரப்பின் வழியான பருமளவுக் கதிக்கும் (volumetric velocity) உள்ள தகவு எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட கணத்தில் ஒலியின் கதி

$$V = \frac{P}{Pc}$$

* ஸ்காட்லாந்து நாட்டு வேளாளரான கணக்கியலறிஞர் சாண் நேப்பியர் (1550-1617) பெயரில் நேப்பியர் மடக்கை போன்ற கணக்சியல்கள் உள்ளன. இயல் மடக்கையில்

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{2n} \text{ அல்லது } \tfrac{1}{2} \text{ மடக்கை}_e \frac{P_1}{P_2} = n \text{ எனப்படும்}$$

n-இன் அலகு நெப்பர் எனப் பெறுகிறது.

இதில் p –ஒலியின் அழுத்தம் ; ρ-ஊடகத்தின் அடர்த்தி
c–அதிர்வு பரவுதலின் கதி

இதனைப் பருமளவுக் கதியாக மாற்றுவதற்கும் பாயும் பரப்பால் பெருக்க வேண்டும். எனவே பருமளவுக் கதி

$$VA = \frac{p}{\rho c} \times A \text{ அல்லது } VA = \frac{p}{\rho c/A}$$

$$\text{அஃதாவது } \frac{\rho c}{A} = \frac{p}{VA}$$

ஒலியழுத்தத்துக்கும் (p), பருமளவுக் கதிக்கும் (VA) உள்ள இத்தகவுதான் ஒலித்தடை; இதன் பரிமானம்

$$\left[\frac{\rho c}{A}\right] = \frac{ML^{-3}\ LT^{-1}}{L^2} = ML^{-4}\ T^{-1};\ [R_a] = ML^{-4}\ T^{-1}$$

ஓரலகுலச் செயலுறு அழுத்தமானது ஒரு பரப்பின் ஊடாக ஓரலகுக் கதியை உருவாக்குமானால். அப் பரப்பின் ஒலியெதிர்வு 1 ஒலியில் ஓம் எனப்படும். ஒலியியல் ஓமின் அலகு.

SI இல் Nsm^{-5}
cgs $dyn\ s\ cm^{5} = 10^{5}\ Nsm^{-5}$

பொதுவாக, வேறுபடு ஒலியழுத்தமும். வேறுபடு பருமளவுக் கதியும் கட்ட ஒன்றிப்பு (phase coincidence) உறாத பொழுது, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் எதிர்வை ஒத்த பல்கூட்டு ஒலித்தடை (complex acoustic resistance) அல்லது பல்கூட்டுஒலி எதிர்வு என்ற கருத்து மேற்கொள்ளப் பெறும்.

10.2.13. ஒலித்தடையம் (acoustic resistivity):*

ஓரலகுப் பரப்பின் ஒலித்தடை, ஒலித்தடையம் எனப் பெறும். இது, ஊடகத்தின் அடர்த்தி (P)யையும், அதிர்வு பரவுதலின் கதியையும் (c) பெருக்கக் கிடைக்கும். ஒலித் தடையம்

$$\eta = \rho c$$

எனவே இதன் பரிமானம்

$$[\eta] = L^{-3}M\ LT^{1} = L^{-2}MT^{-1}$$

*10.2.13 தடையெண் (Specific resistance) போன்ற சொல்லாட்சிகள் பொருத்த மற்றவை.

ஒலித்தடையத்தின் அலகுகளாவன :

SI இல் $kg\ m^{-2}s^{-1}$
cgs இல் $g\ cm^{-2}s^{-1} = 10\ kg\ m^{-2}s^{-1}$

10.2.14 விசையத்தடை (mechanical resistance)

ஓர் ஒலியியல் ஊடகத்தின் குறித்த பரப்பின் மீதான செயலுறு ஒலியமுத்தத்துக்கும், அப்பரப்பின் வழியான பயனுறு நீளவாகுக் கதிக்கும் இடையிலான தகவு, அப்பரப்பின் விசையத்தடை அல்லது விசைய எதிர்வு (mechanical impedence) எனப்பெறும். இவ்வரையரை சுருக்கமாக, முறைமை விசை (periodic force)க்கும் அதிர்வு கதிக்கும் ஆன தகவு எனக் கூறப் பெறும்.

$$Rmech = \frac{PA}{V}$$

எனவே இதன் பரிமானம்

$$[Rmech] = (LMT^{-2} L^{-2})\ L^{-2}\ L = (LT^{-1})^{-1} = MT^{-1}$$

இந்த விசையத் தடையை அளக்க விசைய ஓம் (mechohm) என்ற அலகை 1933 இல் பயர்ஸ்டோன் (Firestone) பரிந்துரைத்தார். cgs-கதிக்கு கினே (Kine) என்ற பெயரைக் கைக் கொண்டு, cgs விசையைத் தடைக்கு டைன்/கினே என்பதன் பரிமானத்தை அவர் பயன்படுத்தினார். விசையத் தடையின் அலகுகள்

SI இல் Nsm^{-1}
cgs இல் 'dyn s/cm' (= விசைய ஓம்) $= 10^{-3}\ Nsm^{-1}$

10.3. இசையொலிப் பண்புகள்
Characteristics of Musical Notes

இசையொலியை விளக்கும் முப் பண்புகள் ஆவன : *1.* சுருதி (pitch) *2.* முழக்கம் (loudness or intensity) *3.* தன்மை (quality or timbre).

10.3.1. சுருதி (pitch)

ஒலிக்கூர்மையே சுருதி எனப்படும். அதிர்வு என்ற அடுக்கம் (frequency) மிகுந்தால் ஒலிக்கூர்மை மிகும், அஃதாவது சுருதி மிகுதிப்படும். வீணைக் கம்பியின் விதிர்வு நீளத்தைக் குறைப்பதாலோ அன்றி அதன் இழு விசையை அதிகரிப்பதாலோ சுருதி மிகுதியாகும்.

எனவே சுருதியைத் தீர்மானிப்பது அடுக்கம். ஒலியின் இரு அடுக்கங்களின் தகவைத் கொண்டு இசைச்சுர இடைவெளியைத் திர்மாணிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக

$$\frac{200H_z}{500H_z} = \frac{100H_z}{250H_z}$$

எனவே 200 Hz-க்கும் 500 Hz-க்கும் இடையில் உள்ள இசைச்சுர இடைவெளியும் 100 Hz-க்கும் 250 Hz-க்கும் இடையில் உள்ள இசைச்சுர இடைவெளியும் சமம் என்பது புலப்படும்.

இசைச்சுர இடைவெளிக்கான அலகுகள் :

(1) எண்மம் (Octave): f_1, f_2 என்ற இரு அதிர்வுகளின் தகவு f_2.-f_1, அவ்விரு இசைக் குறிப்புகளுக்கு இடையிலான இசைச்சுர இடைவெளி ஆகும். இதன் முதன்மை அலகாக எண்மம் அல்லது ஆக்டேவ் என்ற அலகு பயன்படுகிறது.

(2) சேவாட் (savart): சேவர்ட் இடைவெளி I யை

$$I = K \log_{10} \frac{f_2}{f_1}$$

என்ற சமன்பாடு தீர்மானிக்க உதவும். இதில் K = 1000, f_2/f_1 = 2 (எண்மம்) என ஈடு செய்தால்.

$$I = 1000 \log_{10}{}^2 = 1000 \times .3010 = 301$$

அடுத்தடுத்துள்ள இசைச்சுரத்துக்கான இடைவெளியை 301 பாகமாகப் பகுத்து அதன் ஒரு பாகம் சேவரர்ட் (F. Savart 1791-1841) என்பவர் பெயரில் 1930 இல் இருந்து வழங்கி வருகிறது.

(3) செண்ட் : K இன் மதிப்பை மாற்றிக் கொண்டால் I = 301 என்பதற்குப் பதிலாக, I = 1200 என ஆக்கலாம். 1200-இல் ஒரு பாகம் உள்ள இந்த அலகுக்கு செண்ட என்ற பெயரை 1898 இல் A. J. எல்லிஸ் என்பவர் குறித்தார்.

(4) சென்டி எண்மம் (centioctave): I = 100 எனக் கொள்ளும்போது ஒவ்வொரு பாகமும் சென்டி எண்மம் அல்லது சென்டி ஆக்டேவ் என்ற அலகாக அமையும்.

இவற்றுக்கான தொடர்பை இறுதியில் உள்ள அட்டவணையில் கண்டு கொள்ளலாம்.

(5) இசைச்சுர அளவன் (musical scales): தொடக்கக் குரலுக்கும், இறுதிக் குரலுக்கும் இடையில் 1 எண்மம் (Octave) இருப்பின் அஃது ஓர் இசைச்சுர அளவன் எனப்பெறும்.

10.3.2. முழக்கம் (loudness or intensity)

இசையொலி செவியில் உண்டாக்கும் புலன் அளவே முழக்கம். அஃதாவது செவிப்பறை உணரும் ஒலி வனமையே முழக்கம். ஒலி மூலத்துக்கு அருகில் செல்லச் செல்ல முழக்கம் அதிகரிக்கும். மிகுந்த வலிவுடன் அதிர்வூட்டப் பட்டாலும் முழக்கம் மிகுதியாகும். முழக்கம், வீச்சின் இரு மடிக்கு நேர்த்த கவிலும், தொலைவின் இருமடிக்கு எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

எனினும் வெவ்வேறு அதிர்வுகளுக்கு மாந்தனின் செவிப்புல உணர்வு மாறுபட்டுள்ளதால், மேற்கூறியதை அப்படியே கைக் கொள்ள இயலாது.

1000 Hz அதிர்வும் சம முழக்கமும் கொண்ட ஒலி மட்டங் களின் வேறுபாடு 10 டெசிபெல்லுக்குச் சமம் எனின் அவ் வொலிக் குறிப்புகளின் முழக்கம் சம இடைவெளி உடைய தெனக் கருதப்பெறும். ஒலி முழக்க மட்டத்தை அளக்க போன் (phon) என்ற அலகு பயன்படுகிறது.

ஒலியின் முழக்க மட்டம்: ஓர் ஒலியலையின் முழக்க மட்டம். 1000 Hz அதிர்வுள்ள படித்தர நெடுக்கை வடிவ (standard sinusoidal) அலைக்குறிப்புடன் ஒப்புமைப் படுத்தப் பட்டு அளக்கப் பெறும். ஒலியின் முழக்க மட்டத்தின் அலகான போன்-இன் வரையறை : படித்தர மட்டமான கேட்புவாயில் அழுத்தத்தை (2×10^{-5}Pa)விட, 1000 Hz இல் ndB வலிமையடையதாக, ஓர் ஒலிக் குறிப்பை இயல்பான ஒருவர் கேட்கமுடிந்தால், அவ்வொலி n போன் சமமுழக்கம் கொண்டது எனப்படும்.

10.3.3. தன்மை (quality or timbre)

இருவேறு இசைக் கருவிகளால், ஒரே சுருதியும், ஒரே முழக்கமும் உள்ள ஒலியை உண்டாக்கினால் இந்த ஒலி வீணைக் குரியது; இது யாழுக்குரியது; இது குழலுக்குரியது; இது மதங்கத்துக்குரியது.* என வேறுபடுத்திக் காட்டும் பண்பு அவ் வொலிக் குறிப்பின் தன்மை எனப்படும். இது உயர்த்துணரும் ஒன்றுதான்; அளவிடுவதற்கு உரியதன்று.

*10.3.3. தமிழ் மதங்கம் வடமொழியில் ம்ருதங்கம் ஆயிற்று.

10.4. கட்டிட ஒலியியல்

இசையரங்கங்களிலும், திரைப்படக் கொட்டகைகளிலும் அரங்கத்தில் எழுப்பப்படும் ஒலி கேட்பவர்களுக்குத் தெளிவாகச் செவிப் புலப்பட வேண்டியது இன்றியமையாதது. அந்த அரங்கங்களை அதற்குத் தக்கவாறு அமைப்பதற்குக் கட்டிட ஒலியியல் பற்றிய அறிவு மிகத் தேவையானது.

10.4.1. ஒலி மீட்சிக் குணகம் (acoustic reflection factor-P)

ஒலியலை ஒரு பரப்பின் மீது மோதும்போது, அதன் ஒரு பகுதி உட்கவரப்படுகிறது; மீதப் பகுதி மீட்சியடைகிறது. குறித்தவொரு நேரத்தில் சீரான பொருளால் ஆன ஒரு பெரும் தளப் பரப்பில் படும் ஒலி ஆற்றல் அளவுக்கும் மீளும் ஒலி ஆற்றல் அளவுக்கும் இடையிலான தகவு, அப்பரப்பின் ஒலி மீட்சிக் குணகம் ρ எனப்படும். எனவே ஒலி உட்கவர் குணகம்:

$$\alpha = 1 - p$$

என்பது வெளிப்படை.

10.4.2. ஒலி உட்கவர் குணகம் (absorption coefficientα)

ஒரு தளத்தின் மீது படும் ஒலியலையில், அத்தளம் உட்கவரும் ஆற்றலுக்கும், அதன்மீது படும் மொத்த ஆற்றலுக்கும் உள்ள தகவு உட்கவர் குணகம் என்று கூறப்படும்.

இதன் அலகு 'திறந்த பலகணி' ஆகும். இது *10.4.4.* இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

10.4.3. ஒலி ஊடுருவம் (acoustic penetrance)

ஒரு பிரிதளத்தின் ஒலி ஊடுருவம் என்பது என்பது குறித்த நேரத்தில் அப்பிரிதளத்தில் படும் ஒலியாற்றல் அளவுக்கும் ஆன தகவாகும்.

இவை மூன்றும் பரிமாணமில்லாத வெறும் எண்களே.

10.4.4. நீளவாகு உட்கவர் குணகம் (linear absorption co-efficient)

ஒரு தளத்தை ஓர் அலை ஊடுருவும் பொழுது அதன் வலிமை I_o; அது கடந்த தொலைவு x எனின் அப்போதுள்ள ஒலி வலிமை

$$I = I_o e^{-\delta x}$$

என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கப்பெறும். இதில் δ என்பது நீளவாகு உட்கவர் குணகம் எனப்படும். இதன் பரிமானம் $[\delta] = L^{-1}$ எனவே இதன் அலகுகள் மீட்டர், சென்டிமீட்டர் என்பது தெரிந்ததே.

10.4.5. மொத்த உட்கவர் திறன் (total absorption power)

தடுப்பில்லாத திறந்த பலகணியன்*எதிரில் ஒலியை உண்டாக்கினால் அந்த ஒலியாற்றல் மீட்சியடைவதில்லை. எனவே ஒலியாற்றல் முழுவதும் ''உட்கவரப்பட்டு'' விட்டது என்று பொருள். ஒலியை முற்றிலும் உட்கவர்ந்த இத்தகைய பரப்பின் அளவால் ஏனையவற்றின் மொத்த உட்கவர் திறனை அளக்கலாம் என்று 1911 இல் வாலசு c, சேபின் என்ற அறிஞர் ஆய்ந்துரைத்தார்.

ஒரு பொருளின் மொத்த உட்கவர் திறன், அப்பொருளின் பரப்பையும் அதன் உட்கவர் கூற்றெண்ணையும் பெருக்கக் கிடைக்கும்.

ஒரு சதுர அடிப்பரப்புடைய திறந்த பலகணியின் ஒலி உட்கவர்பு fps திட்டத்தில் சேபின் (sabin) என்று அழைக்கப்படும். அமெரிக்க ஒலியியற்கழகம் 1937 இல் மொத்த உட்கவர்பு அலகுக்கு சேபினின் பெயரைப் பரிந்துரைத்தது.

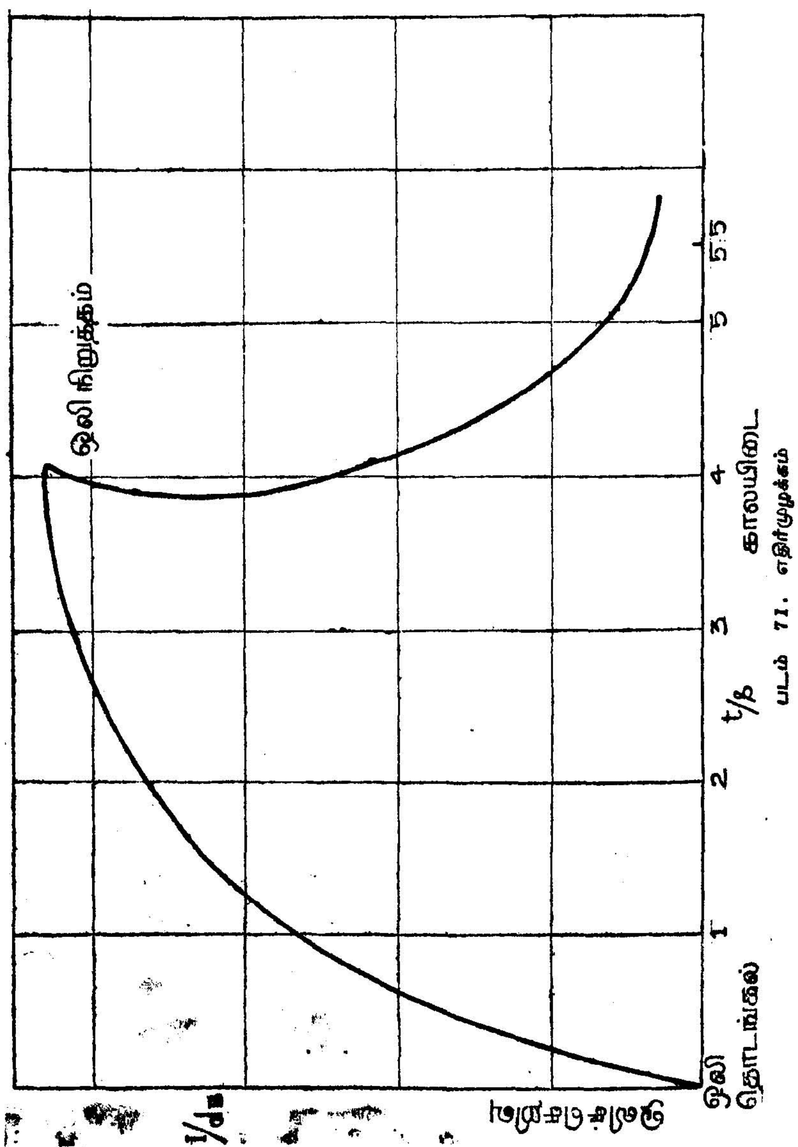
சேபின்-ஐ ஒத்தாகப் பதினமுறையில் தனியான அலகுப் பெயர் எதுவும் கொடுக்கப்படவில்லை. மொத்த உட்கவர் திறன் திறந்த பலகணிச் சதுரமீட்டர் என்ற அலகாலேயே குறிக்கப்பட்டு வருகிறது.

10.4.6. எதிர்முழக்கம் அல்லது முரல்வு (reverberation)

தடுப்பில்லா வெளியில் எழுப்பும் ஒலி மீட்சியடையாமல் நேராகச் சென்றுவிடும். ஆனால் உட்கவர்பு குறைந்த தடுப்புக்குள் எழுப்பப்படும் ஒலி, அங்ஙனமின்றி சுவரில் மீண்டும் பட்டு பல மீட்சிகளுக்கு உள்ளாகிப் படிப்படியாகக் குறைந்து கொண்டே வரும். இது எதிர்முழக்கம் அல்லது முரல்வு எனப்படும். ஒழுங்கற்ற தளங்களில் பலமீட்சிகளுக்கு ஒலி உட்படும்போது ஒலி சிதறுவதால் எதிர் முழக்கத்தைக் கேட்க வழியிராது.

திருவையாற்றில் உள்ள ஐயாரப்பர் திருக்கோயிலின் உட்சுற்றின் ஒரு மூலையில் எழுப்பப்படும் ஒலி இந் நெறிமுறைப்

10.4.5. பல கணியைக் குறிக்கும் மற்றொரு சொல்லான காலதர் (கால் = காற்று; அதர் = வழி) இந்த இடத்தில் மிகப் பொருத்தமாக அமையும்.



படம் 71. எதிர்முழக்கம்

படிதான் பலமீட்சிக்கு உள்ளாகி, படிப்படியாக வலிமை குறைந்து பன்முறை கேட்கிறது.

அஃதாவது ஒளியாற்றல் ஒவ்வொரு மீட்சியிலும் உட்கவரப் படுவதால் மெலிவுறுகிறது.

10.4.7. எதிர்முழக்க நேரம் அல்லது முரல்வு நேரம்

ஒலி நிறுத்தப்பட்ட கணத்தில் இருந்து, அவ்வொலியின் வலிமை 60 dB க்கு (அஃதாவது கேள்வி வரம்புகுத்) தாழ் வதற்கு ஆகும் நேரம் முரல்வு நேரம் எனப்படும். இதன் அலகு 'நொடி'யே.

உட்கவர்பு (a), பருமம் (v), முரல்வு நேரம் (T) ஆகியன, fps திட்டத்தில்

$$a = 0.161 \frac{V}{T}$$

என்ற சமன்பாட்டால் தொடர், புற்றுள்ளன, a சேபினிலும், v அடி^{3}—இலும் (60 dB வலிமைக் குறைப்புக்கு—அஃதாவது கேட்க இபலாமைக்கு ஆன நேரமான) முரல்வு நேரம் T நொடியிலும் கூறப்பெறும்.

முரல்வு நேரம் மிகக் குறைந்தால் ஒலி மழுங்கியும், மிக அதிகமானால் ஒலி கலக்கமுற்றுத் தெளிவின்றியும் இருக்கும்,

10.4.8. சேபின் சார்பு (Sabine's relation)

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots$ உட்கவர் குணகங்கள் உள்ள அரங்கத்தின் சுவர்ப் பரப்புகள் $S_1, S_2, \ldots$ எனின் முரல்வு நேரம்

$$t = \frac{0.05V}{\Sigma\alpha s} \text{ fps இல் நீள அலகு மீட்டர்}$$

$$t = \frac{0.16V}{\Sigma\alpha s} \text{ SI இல் நீள அலகு மீட்டர்}$$

இதில் V அரங்கத்தின் பருமம்.

$$\Sigma\alpha S = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_1 + \ldots$$

ஆகும்.

கலையரங்கத்தில் எழுப்பப்படும் ஒலி கேட்பவர்களுக்குத் தெளிவாகவும் இனிமையாகவும் இருப்பதற்குக் கட்டிட ஒலியியல் அலகுகள் மிக இன்றியமையாதனவன்றோ !

11. ஒளியியல் முதலான கதிர்ப்பு அலகுகள்

ஒளியும்மின் காந்தக் கதிர்ப்புள்ஒன்று ஆகி
ஒடுங்கவே அவற்றின் அலகும் ஒன் றாக
விளங்கிடும் இவற்றில் அளவிடும் சிக்கல்
விளைந்ததும் இல்லை! எழுந்ததும் இல்லை!!

"கட்புலப் படுத்துணர்வு ஒளி எனப் படுமே!"

மிகுந்த நெடுக்கமுள்ள மின்காந்த அலைநிரலில் மிகமிகச் சிறிய பகுதியே கண்ணுக்குப் புலன் ஆகக்கூடியது; இது ஒளி என வழங்கப்படுகிறது. ஒளியும், ஒலியைப்போலவே அலைவியக் கத்தின் பாற்பட்டது. எனினும் ஒளி, ஒலியில் இருந்து மிகவும் வேறுபட்டு விளங்குகிறது. ஓர் ஒலிமூலத்தைச் சுற்றியுள்ள காற்று நீக்கப்பட, நீக்கப்பட காதுக்குக் கேட்கும் ஒலிவலிமை குறைந்து கேட்காமலே ஆகிவிடுகிறது. ஆனால் ஒளிமூலத்தைச் சுற்றியுள்ள காற்றை நீக்கினாலும் ஒளி கண்ணுக்குப் புலன் ஆகாமற் போவதில்லை. அஃதாவது, ஒலிபரவ ஓர் ஊடகம் தேவை; ஒளிக்குத் தேவையில்லை.

ஆனால் ஊடகத்தின் இன்றியமையாமை உணரப்பட்ட காலத்தில் ஆய்வுகள் நிகழ்த்திய கிறிஸ்டியன் ஹைஹீன்ஸ் (Christian Huygens 1629—1695) என்பவர், "சுவையற்ற, மணமற்ற, நிறையற்ற, காட்ட இயலாத பார்வைக்குப் புலன் ஆகாத, அளக்க இயலாத ஓர் ஊடகம் உண்டு" என்று கூறி, அதற்கு ஈதர் என்று பெயரும் இட்டார் (இறைவன் என்றே பெயரிட்டிருக்கலாம் !). அந்த ஈதரின் வழியேதான் ஒளி ஊடுருவி வருகிறது என நம்பினர். அப்படி ஈதர் என்று ஒன்று இருக்கு மானால், அதன் அடர்த்தி என்னவாக இருக்கவேண்டும் தெரியுமா ?

$$\rho_{\text{ஈதர்}} = 9.919 \times 10^{17} \text{ kg m}^{-3}$$

இந்த ஊடகச் சிக்கலை வயவர் ஐசக் நியூட்டன் (Sir Isaac Newton 1642-1727) பரிந்துரைத்த "ஒளி என்பது நுண்ணிய

துகள்களின் இயக்கம்'' என்ற கொள்கை ஓரளவு தீர்த்து வைத்தது.

ஒரு காந்தப்புலமோ அன்றி மின்புலமோ ஊடகம் இல்லா விட்டாலும் அதன் விளைவை உணர்த்த வல்லது. எனவே ஒளியும் இத்தகைய அமைப்புள் அடங்கக்கூடும் என்பது புலப் பட்டது. மின்சாரம் மற்றும் காந்தப் புலங்களில் அவற்றின் கதிர்ப்பால் (radiation)* ஆற்றல் கடத்தப்படுகிறது. இத்தகைய மின்காந்தக் கதிர்ப்பு (electro magnetic radiation)-ள் ஒளியும் அடங்கும். மின்காந்த அலைநிரல் (electro magnetic spectrum) -இல் மிகச்சிறு பகுதியே விழிப்புலப்படும் ஒளிக்கதிர் ஆக அமை கிறது என்பது படத்தைப் பார்த்தால் புலப்படும். அஃதாவது 360 nm—இலிருந்து 760 nm வரையிலான நெடுக்கத்தைத் தான் நாம் பார்க்க இயலும். இதற்குள்தான் சிவப்பு, ஆரஞ்சு,* மஞ்சள், பச்சை, அவுரி (indigo), கத்தரி (violet) ஆகிய நிறங்கள் அடங்கியுள்ளன.

11. 1. மின்காந்த அலைநிரல் (Electro magnetic spectrum)

மின்காந்த அலைநிரலில், மிகநுணுகிய பெம்டோ மீட்டரில் (10^{-15}m) இருந்து கிலோ மீட்டர் வரை வெவ்வேறு நெடுக்கங் களில் தொடர்ச்சியாக அலை நீளம் அமைகிறது. பேரலை, நடுவலை, குற்றலை, மீக்குற்றலை என்ற நெடுக்கங்களில் ஆன ரேடியோ அலைகளும், கீழ்ச்சிவப்புக் கதிர்களும், கண்ணுக்குப் புலன் ஆகும் ஒளியும், மேற்கத்தரிக் கதிர்களும், X-கதிர்களும், மிகக்குறைந்த அலைநீளம் உள்ள காமாக்கதிர்களும் தொடர்ச்சி யாகக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

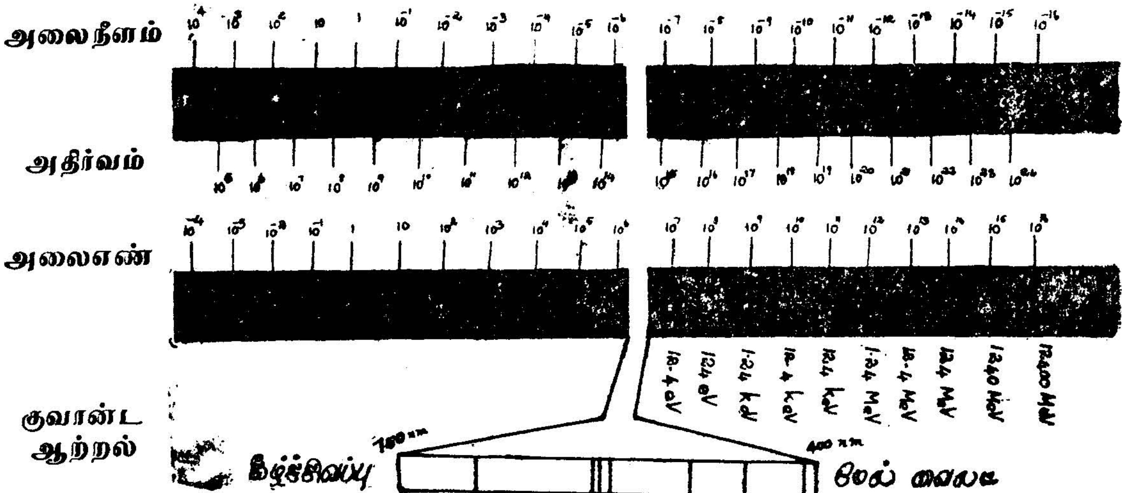
அலைநீளம் λ: அதிர்வு அல்லது அடுக்கம் என்பனவற்றை ஒலியியலில் அறிந்தோம். நீண்ட அலைகளின் அலைநீளம் மீட்டர், சென்டி மீட்டர், மில்லி மீட்டரிலும் ; ஒளி மற்றும்

* radiation-கதிர்ப்பு; 'கதிர்வீச்சு' என்பது' 'ray amplitude' என மயக்கத் துக்கு இடம்அளிக்கும் கதிர்ப்பு என்ற சொல் சார்பற்றது (objective), ஆனால் கதிர்வீச்சு சார்புற்றது (subjective)

* spectrum-அலைநிரல் :

நிறமும் அதற்குச் சூட்டும் மாலையும் (நிறமாலை) கட்புலப்படும் அலை நிரலுக்கு ஒரு வேளை ஒத்துவரலாம்; ஆனால் வேறுபட்ட அலைநீள நெடுக்கங் களைக் கொண்ட மின்காந்த அலைநிரலுக்குச் சரிப்பட்டு வராது. எனவே வரிசை எனப் பொருள்படுகின்ற நிரல் என்ற சொல்லை அலையுடன் இணைத்து அலை நிரல் எனப்பொருத்தமாகப் பெயரிடப்பட்டுள்ளது.

*தமிழ் நாரந்தம் → naranj → E orange (2.1.14).



படம் 72. கண்ணுக்குப் புலப்படும் அலைநிரல்

குற்றலைகளின் அலைநீளம் மைக்ரோ மீட்டர் ஆங்ஸ்ட்ராம் $(=10^{-8}m)$, x-அலகு போன்றவற்றாலும் அளக்கப்பெற்று வந்தன. இவற்றின் சார்பை வடிவியல் அலகுகளில் (8-1.1) காணலாம். அதிர்வு எர்ட்சு, கிலோ எர்ட்சு, மெகா எர்ட்சுவில் அளக்கப்பட்டு வருகிறது.

11-1.1. அலை எண் (Wave Number—σ)

அலைநீளம், அதிர்வு முதலியவற்றுடன் அலைநிரல் இயலில் அலை எண் என்ற கணிசம் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஓரலகு நீளத்தில் உள்ள அலைகளின் எண்ணிக்கையே அலையெண் ஆகும். எனவே,

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \text{ எனினும் } \sigma = \frac{2\pi}{\lambda}$$

என்ற சமன்பாட்டாலேயே குறிக்கப்பெறும். அலையெண்ணின் அலகு m^{-1}, cm^{-1}, μm^{-1} என வழங்கப்பெறும். இதில் cm^{-1} திட்டமில் அலகு.

11-2. ஒளியியல் அலகுத் திட்டங்கள்

ஒளியியலில் வழங்கிவரும் அலகுத் திட்டங்கள் இரண்டு தாம்: 1. cgsl அலகுத் திட்டம், 2. அனைத்துநாட்டு அலகுத்

அடிப்படைக் கணிசமும் அலகும்

கணிசம்	பரி-மானம்	SI அலகு	cgs அலகு	SI மதிப்பு
நீளம், l	L	மீட்டர் m	சென்டி மீட்டர் cm	$= 10^{-2}$ m
நிறை, m	M	கிலோகிராம் kg	கிராம் g	$= 10^{-3}$ kg
காலயிடை, t	T	நொடி s	நொடி s	$= 1$ s
ஒளிர்வச் செறிவு, I	Y	கேண்டீலா cd	(லூமென்/ திணாரயன் lm sr^{-1}	$=1$cd
ஒளிர்வப் பாயம், ϕ	ϕ	(கேண்டீலா-திணாரயன் cd sr)	லூமென் lm	$= 1$ cd sr

cgs-ல் ஒளிர்வச்செறிவு வருவித்த கணிசம்
SI-ல் ஒளிர்வயப்பாயம் வருவித்த கணிசம்.

திட்டம் (SI). cgs-திட்டத்தில் ஒளியியலின் அடிப்படைச் சிறப்புக் கணிசம் ஒளிவிளக்கப்பாயம் (ϕ) எனப்படும் ஒளிர்வப்பாயம்; இதன் அலகு லூமென் (Lumen). ஒளியியலின் சிறப்பலகான லூமெனை இணைத்து இதற்கான cgs திட்டம் cgsl திட்டம் என வழங்கப்பெறும். SI-ல் ஒளிவிளக்கச் செறிவு எனப்படும் ஒளிர்வச்செறிவு (Luminous intensity-I) அடிப்படைக் கணிசம். இதன் அலகு கேண்டீலா (Candela-cd). ஒளிர்வச்செறிவு மற்றும் ஒளிர்வப்பாயத்தின் அலகு மதிப்புகள் SI-லும் cgs-லும் மாற்றம் உறாதவை.

ஒளியியலைப் பொறுத்தவரை, நீளஅலகை மீட்டரில் எடுத்துக்கொண்டு, ஏனைய வாட், செளல் போன்ற நடைமுறை அலகுகளை மேற்கொண்டால் அது SI-யாக விளங்கும்; அப்போது cgs திட்டத்துடன் பிற வேறுபாடுகள் வாரா.

ஒளிர்வச்செறிவு, ஒளிர்வப்பாயம் முதலானவற்றை விளக்கமாக அறிவதற்கு முன்னர், அவற்றுக்கான தொடர்பைத் தெரிந்துகொள்ளலாம்.

ஒளிர்வப்பாயம் = ஒளிர்வச்செறிவு × திண்மக்கோணம்

(luminous flux = luminous intensity × solid angle)

$$\text{ஒளிர்வு (luminance)} = \frac{\text{ஒளிர்வச்செறிவு}}{\text{பரப்பு}}$$

$$\text{ஒளி விளக்கம் (illuminance)} = \frac{\text{ஒளிர்வப்பாயம்}}{\text{பரப்பு}}$$

$$= \frac{\text{ஒளிர்வச் செறிவு} \times \text{திண்மக் கோணம்}}{\text{பரப்பு}}$$

$$= \text{ஒளிர்வு} \times \text{திண்மக்கோணம்}$$

11-3. ஒளியூட்டத்துக்கான அலகுகள்

ஒளியும் ஒளிக்கதிர்ப்பும் (Light and Light Radiation)

ஒளி, ஒளிக்கதிர்ப்பு என்ற இரு கணிசங்களும் வெவ்வேறானவை. சில வேளைகளில் தவறுதலாய் ஒன்றாகக்

குறிக்கப் பெறுகின்றன. ஒளிக்கதிர்ப்பு என்பது மின்காந்த அலைநிரலில் மிகச்சிறு பகுதியாக (λ = 360 nm →760 nm) அமைந்த மின்காந்த அலைகளின் ஆற்றல் பரவலைக் குறிக்கும்; ஒளி என்பதோ அந்த ஆற்றல் விழிப்புலத்தில் உண்டாக்கும் உணர்வைக் குறிக்கும். ஒளிக்கதிர்ப்பு, வினை என்றால் ஒளி அதன் விளைவு ஆகும்.

இந்த விளைவைக்கொண்டே வினையை அளக்க முயல்கிறோம். இந்த விளைவு ஆளுக்கு ஆள் வேறுபடுவது மட்டுமன்றி ஒருவருக்கே வெவ்வேறு அலைநெடுக்கத்தில் வேறுபடவும் கூடும். 360 nm-க்குக் கீழும், 760nm-க்கு மேலும் உள்ள அலைநீளத்தைப் பொறுத்தவரை நாம் அனைவரும் குருடர்தாம். நமது பார்வைக் கூர்மை மிகுந்துள்ள அலைநீளம் 555 nm ஆகும்.

ஒளியை அளப்பதற்கும் ஓர் இயற்கைப் படித்தரத்தைக் கைக்கொள்வதாயின், 'சுள்ளென்றெரிக்கும் சுடரோன்' ஆன சூரியனின் ஒளியளவைக் கைக்கொள்ளலாம். இதுவும் ஆண்டு, நேரம், நிலக்குறுக்குக்கோடு, வளிநிலை, உயரம், நிலவளியின் தூய்மை போன்ற பல்வேறு நிலைகளுக்குத் தக்கவாறு மாறக் கூடியதால் நம்பகமானதன்று. எனவே, செயற்கைப் படித்தரங்களே மேற்கொள்ளப்பட்டன. இந்தச் செயற்கைப் படித்தரங்கள் மீளாக்கத்துக்குத் (reproducibility) துல்லியமானவையல்ல. எனவே, இயன்ற அளவு பயன் நல்கும் தகுந்த ஒளிக்கதிர்ப்புடைய மூலங்களை நாட வேண்டியுள்ளது.

11-3.1. ஒளிர்வச் செறிவு அல்லது ஒளிவிளக்கச் செறிவு (Luminous Intensity—I)

மின்காந்தக் கதிர்ப்பால் பரப்பப்படும் ஆற்றல் ஒரு திசையுளிக் கணிசம் ஆகும். எனவே, மின்காந்த அலை நிரலின் ஒரு கூறான ஒளியாற்றலும் எண்மதிப்பு, திசை இரண்டும் உடையதாகும். ஓர் ஒளிர் புள்ளிமூலம் குறித்த திசையில் ஓரலகுத் திண்மக் கோணத்தில் உமிழும் ஒளியாற்றலின் அளவு அதன் ஒளிர்வச் செறிவு எனப்படும்.

அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்தில் ஒளியியலுக்கான அடிப்படைக் கணிசம் இந்த ஒளிர்வச் செறிவுதான். இதன்

*11-3.1. 'luminous intensity' என்பதற்குப் பொருத்தமான சொல் ஒளிர்வச் செறிவு (அல்லது ஒளிர்வ வலிமை) என்பதே. இந்தச் சார்பிலாக் கணிசத்தை (objective quantity) ஒளி 'விளக்கச்' செறிவு என்ற தொடரில் உள்ள 'விளக்கம்' என்ற இடைச்செருகல் சார்புக் கணிசம் (subjective quantity) ஆக மாற்றிவிடுகிறது.

குறியீடு I; பரிமானம் [y]: அலகு கேண்டீலா (candela) அல்லது காந்திலா; அலகுக் குறியீடு cd.

ஒளிர்வச் செறிவுக்கான அலகுகள் வெவ்வேறாகக் கைக் கொள்ளப்பட்டுவந்தன. கேண்டீலா திட்டப்படுத்தப்படுவதற்கு முன்னர் வழங்கிவந்த சில படித்தரங்களைப் பற்றி அறியலாம்.

கார்செல் (Carcel): பிரெஞ்சு நாட்டில் ஒரு காலத்தில் ஒளிர்வச் செறிவுக்குப் பயன்பட்டுவந்த இந்த அலகு பின்னர் வழக்கத்தில் இருந்து மறைந்தது.

1 கார்செல் ≃ 10 பன்னாட்டுக் கேண்டில்
≃ 10 பூகிடெசிமேல் = 10.18 கேண்டீலா.

பூகி-டெசிமேல் (Bougie - decimale) என்ற ஓர் அலகும் பிரான்சில் பயன்பட்டு வந்தது.

1 பூகி-டெசிமேல் = 0.104 கார்செல்
= 10.18 கேண்டீலா.

ஹெவ்னர் கெர்சே (Hefner kerze) அல்லது ஹெவ்னர் **கேண்டில் (Hefner candle)** என்ற அலகு 1893 முதல் 1940 வரை ஒளிர்வச்செறிவை அளக்கச் செர்மனியில் பயன்பட்டு வந்தது. இது, ஹெவ்னர் விளக்கை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

1 ஹெவ்னர்கெர்சே = 0.9162 கேண்டீலா.

பன்னாட்டுக் கேண்டில் (International Candle): 1909-ல் எல்லா நாடுகளும் ஏற்றுக்கொண்ட அலகு பன்னாட்டுக் கேண்டில். 1860-ன் பிரித்தானிய வளிமச் சட்டம் (Metropolitan Gas Act) வரையறுத்த கேண்டிலை 1881-ல் கூடிய அனைத்து நாட்டு மின்நுணுக்கக் குழு (IEC) மாநாடு ஏற்றுக்கொண்டது.

'திமிங்கில மண்டைக் கொழுப்பால் உருவாக்கிய 6-ல் 1 பவுண்டு நிறையுள்ள கேண்டில், மணிக்கு 120 தவசநிறை (grain) எரிப்புடன் உள்ளபோது ஒரு நொடியில் எல்லாத் திசைகளிலும் செலுத்தும் ஒளிர்வச் செறிவின் அளவு 1 பன்னாட்டுக் கேண்டில்' எனப்பட்டது.

1 பன்னாட்டுக் கேண்டில் = 1.018 கேண்டீலா.

சுடரின் ஒளிர்வச்செறிவைக் கட்டுப்படுத்தக்கூடிய திரியின் அளவையும் காற்றின் தன்மையையும் பற்றி இதில் ஏதும் கூறப் பெறவில்லை. எனவே, 1909-ல் இது மின்சார விளக்கால்

வரையறுக்கப்பெற்றது. தொடக்கத்தில் கேண்டில் எனப் பெயர்பெற்ற இந்த அலகு 1921-ல் இருந்து பன்னாட்டுக் கேண்டில் என வழங்கப்பட்டது.

லம்பர்க்: ஒளிர்வச் செறிவுக்கான ஒரு cgs அலகு லம்பர்க் ; ஒரு 'வாட்' திறனுக்கு x லூமென் ஒளிர்வச் செறிவை அளிக்கும் 1 எர்கு கதிர்ப்ப ஆற்றலின் ஒளிர்வ ஆற்றல் x லம்பர்க் ஆகும்.

இந்தச் சுடர்ப் படித்தரங்கள் யாவும் மீளாக்கத்துக்கு ஏற்றவையல்ல என்பதால், இவற்றை நீக்கிவிட்டுக் கேண்டலா என்ற அலகுப் படித்தரம் 1948-ல் மேற்கொள்ளப்பட்டது.

கேண்டலா *(cgs) என்பது, பிளாட்டினத்தின் உறை வெப்ப நிலையில் உள்ள கரும்பொருள். ஒரு நொடியில் ஒரு சதுர சென்டிமீட்டரில் உமிழும் ஒளியின் 1/60 பாகம் என வரையறுக்கப் பட்டது. அஃதாவது இந்த ஒளி மூலத்தின் ஒளிர்வச்செறிவு = 60 கேண்டலா. கேண்டலா, 'புதுக்கேண்டில்' என்றும் வழங்கப்படும்.

கேண்டலாவுக்கான நெறிமுறையை 1884-ல் வியோல்லா (Violla) என்பவர் முன்னுரைத்தார். 1903-ல் வைட்னர் (Waidner) இந்த அலகைப் பரிந்துரைத்தார். எனினும், 1948-ல் தான் இது அனைத்துநாட்டுப் படித்தரம் ஆக ஏற்றுக்கொள்ளப் பட்டது.

இந்த cgs கேண்டலா எவ்வகையான மாற்றமும் இன்றி அனைத்துநாட்டுத் திட்டத்திலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

கேண்டலாவுக்கான SI வரையறை : 101325 Nm^{-2} (இயல் நிலவி) அழுத்தத்தில் பிளாட்டினத்தின் உறைவெப்ப நிலையில் (2042K) உள்ள கரும்பொருளின் 1/600000 சதுர மீட்டர்ப் பரப்பின் கிடைத்தளத் திசையில் ஆன ஒளிர்வச் செறிவு 1 கேண்டலா ஆகும்.

சுடர்ப் படித்தரங்கள் சூழ்நிலையால் மாறுபடக்கூடிய பொழுது, வெப்பநிலை ஒன்றை மட்டுமே சார்ந்த கேண்டலா சிறந்த படித்தரமாக விளங்கி வருகிறது.

* கேண்டலா: தமிழ்-காந்து=ஒளிர்(வு); காந்தி = ஒளி. மிகுந்து ஒளிவிடும் விளக்கைக் காந்த விளக்கு என்பது தமிழ் மரபு. காந்து→L. candere, candela→ E. Candle. எனவே, Candela என்னும் அலகுப் பெயரை மூலமுதற் சொல்லான 'காந்தி', என்பதனோடு 'இல்' என்னும் குறுமைப்பொருட் பின்னொட்டை 'diminutivesuffix' இணைத்துக் காந்தில் எனக் கூறலாம்.

11-3.2. ஒளிர்வச் செறிவின் மொத்த அளவு

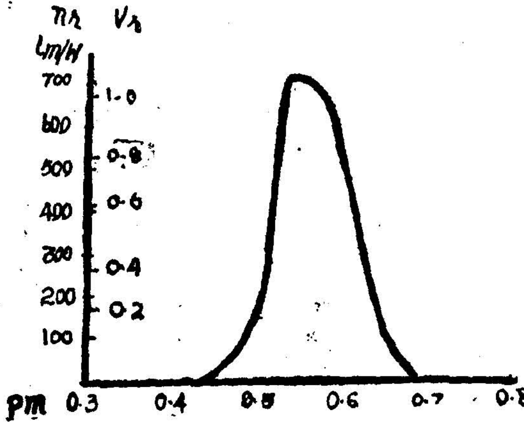
ஒளிர்வச் செறிவைப் பாய்ந்த காலத்தால் பெருக்கினால் ஒளிர்வச் செறிவின் மொத்த அளவு கிடைக்கும்:

$$C = It$$

இதன் அலகு <C> = கேண்டீலா நொடி; பரிமானம் [C] = Ty

11-3.3. ஒளிர்வப்பாயம் அல்லது ஒளிவிளக்கப்பாயம் (Luminous Flux)

ஓர் ஒளிமூலத்தில் இருந்து ஒரு நொடியில் பாயும் ஒளிக் கதிர்ப்பாற்றலை உய்த்தறியலாம். 'ஒரு நொடியில் ஆன ஆற்றல்', திறன் என நாம் அறிவோம். திறனின் அலகு வாட். ஒரு தளத்தின்மீது இந்த ஒளிக்கதிர்ப்பாற்றல் படுவதாகக் கொள்வோம். தளத்தின் பரப்பை ஒளிரச் செய்யும் அளவை 'வாட் / சதுரமீட்டர்' என்ற அலகால் அளக்கலாம். இந்த 'வாட் / சதுரமீட்டர்' பார்ப்பவரின் விழிப்புலத்தில் உண்டாக்கும் அளவு ஒளிர்வப்பாயம் எனப்படும்.



படம் 73. λ & lm W^{-1}

ஒளிர்வப்பாயம்

$$\phi = \frac{\text{திறன்}}{\text{பரப்பு}} \times \text{விழிப்புல உணர்வுக் கூற்றெண்} = \langle \text{ஒளிவாட்} \rangle$$

1 ஒளிவாட் = 630 லூமென். எனவே, லூமென் என்ற அலகால் அளந்தால்,

$$\phi = \frac{\text{திறன்}}{\text{பரப்பு}} \times \text{விழிப்புல உணர்வுக் கூற்றெண்} \times 630 \text{ லூமென்}$$

ஒரு பரப்பின் வழியாக ஒரு நொடியில் பாயும் ஒளியாற்றலை ஒளிர்வப்பாயம் எனலாம். இதற்கான அலகு லூமென். ஓர் ஒளி மூலத்தில் இருந்து ஓர் அலகுத் தொலைவில் உள்ள ஒரு சதுர அலகுப் பரப்பின்மீது ஒரு நொடியில் படும் ஒளியாற்றலின் அளவு ஒரு லூமென் (lumen-lm) எனப்படும்.

இதுவே, ஒரு கேண்டலா ஒளிர்வச் செறிவுள்ள புள்ளி (ஒளி) மூலத்திலிருந்து, ஒரு திணாரயன் திண்மக்கோணத்தில் ஒரு நொடியில் உமிழப்படும் ஒளியின் அளவு என்றும் வரையறுக்கப் பெறும்.

எனவே ஒரு கேண்டலா ஒளிர்வுச் செறிவுள்ள ஒரு புள்ளி மூலம் ஓரலகுத் திண்மக்கோணத்தில் பாய்ச்சும் ஒளிர்வுப்பாய்வு 4π லூமென் (= 12.57 லூமென்) ஆகும். எனவே,

$$\text{ஒளிர்வப்பாயம்} = \frac{1}{4\pi} \text{ ஒளிர்வுச் செறிவு}$$

ஒளிர்வப் பாயம் ϕ = ஒளிர்வச் செறிவு I $\times$ பாய்வின் திண்மக் கோணம் Ω

சீரான கதிர்ப்பு உள்ளபோது

$$\phi = I\Omega$$

எல்லாத் திசையிலும் சீரான கதிர்ப்பு உள்ளபோது

$$\phi = 4\pi I$$

cgs திட்டத்தில் ஒளிர்வப்பாயம் என்ற இந்தக் கணிசமும் இதன் அலகான லூமெனும், அடிப்படைக் கணிசமும் அலகும் ஆக விளங்கின. SI உருவாக்கத்தில் ஒளிர்வச் செறிவு அடிப் படையாகவும், ஒளிர்வப்பாயம் வருவித்ததாகவும் திகழ்கின்றன.

திண்மக் கோணத்துக்குப் பரிமானம் இல்லாததால் ஒளிர்வப் பாயத்தின் பரிமானமும், ஒளிர்வச் செறிவின் பரிமானமும் ஒன்றே என அறியலாம்.

$$[\phi] = y$$

11-3.4. ஒளியின் அளவு (Quantity of Light)

ஒளிர்வப் பாயத்தையும் அது பாயும் நேரத்தையும் பெருக்கக் கிடைப்பது ஒளியின் அளவு. $Q = \phi t$ அல்லது நுணுக்கமாக;

$$Q = \int_0^t \phi \, dt$$

இதன் பரிமானம், [Q] = Ty; அலகு <Q> = லூமென் நொடி.

ஒரு மணி நேரத்தில் ஆன ஒளிர்வப்பாயம் லூமென்-மணி என்ற அலகால் குறிக்கப்பெறும்.

1 லூமென் மணி = 3600 லூமென் நொடி

11-3.5. ஒளிர்வ உமிழ்வம் (Luminous Emittance)

ஒளிரும் பொருள்கள் வெளியிடும் ஒளிர்வாற்றலைக் கொண்டு அப் பொருள்களின் ஒளிர்வ உமிழ்வை அளக்கலாம். ஒளிர்வ உமிழ்வு

$$R = \frac{d\phi}{dA}$$

இதன் பரிமானம் $L^{-2}y$ $\because [I] \times [\phi] = y$

இதன்படி ஓர் ஒளிமூலத்தின் ஒவ்வொரு சதுர மீட்டர்ப் பரப்பும் ஒரு லூமென் ஒளிர்வப் பாயத்தை உண்டாக்குமானால் அம்மூலத்தின் ஒளிர்வப்பாயம் லூமென் சதுர மீட்டருக்கு $lm\ m^{-2}$ என்ற அலகால் அளக்கப்பெறும். SI அலகான $lm\ m^{-2}$ முன்னர் mks திட்டத்தில் ரேட்லக்ஸ் (Radlux) என வழங்கப்பட்டது. ஒளிர்வ உமிழ்வத்துக்கான cgs அலகு லூமென் சதுரசென்டி மீட்டருக்கு (lm/cm^2).

$$1\ lm\ cm^{-2} = 10^{-4}\ lm\ m^{-2}$$

$lm\ cm^{-2}$ என்ற இந்த cgs அலகு முன்னர் ரேட்போட் (Radphot) என வழங்கப்பட்டது.

1 ரேட்போட் = 10^{-4} ரேட்லக்ஸ் = $10^{-4}\ lm\ m^{-2}$

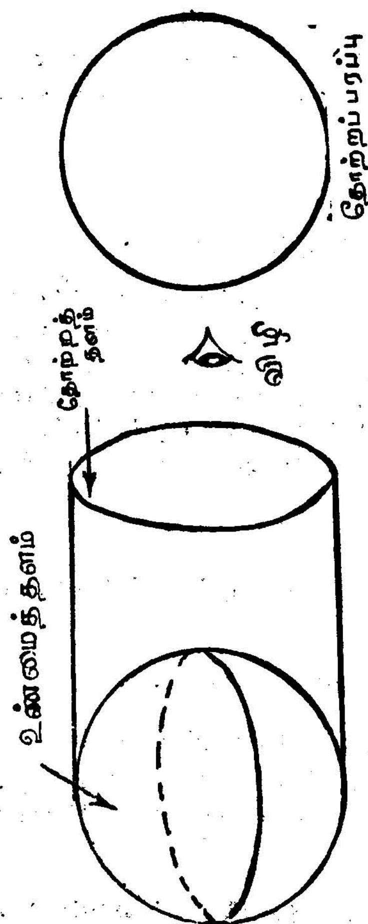
11-3.6. ஒளிர்வப்பாய அடர்த்தி (Luminous Flux Density)

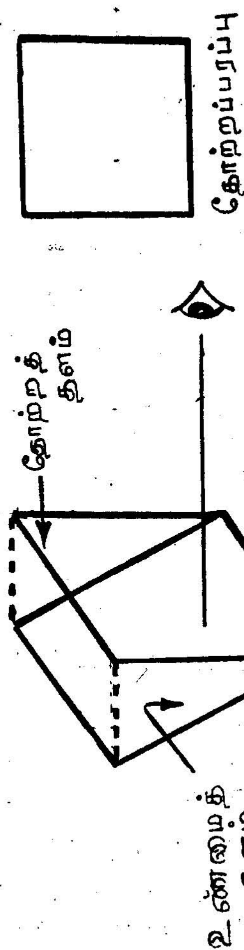
ஒளிர்வப்பாயம் அடர்த்தியும் ஒளிர்வ உமிழ்வமும் ஒன்றே. எனவே, இதன் SI அலகு $lm\ m^{-2}$ cgs அலகு $lm\ cm^{-2} = 10^4\ lm\ m^{-2}$

11-3.7(a) பிறங்கம் (Brightness)

ஒளி, விழியில் உண்டாக்கும் உணர்வு பிறங்கம் எனப்படும். ஒரு தளத்தின் பிறங்கம் என்பது பார்வைத் திசையில் ஆன, அதன் தளப்பரப்பு உமிழும் ஒளியாற்றலின் அளவு ஆகும். ஓர் ஒளி மூலத்தின் பிறங்கம் ஆளுக்கு ஆள் மாறுபடக்கூடும். அங்ஙனமே சமப் பிறங்க மூலங்கள் அவற்றின் சூழலால் விழியில் வேறுபட்ட பிறங்க உணர்வை ஏற்படுத்தக்கூடும். சமப்பிறங்கம்

*11-3.7(a) பிறங்கு→bright பிறங்கு (=ஒளிவிசு) என்னும் தமிழ்ச்சொல்லும் 'bright' என்னும் சொல்லும் மொழியியல் உறவுடைய சொற்கள்.





படம் 74. உண்மைக்களம், தோற்றக்களம், தோற்றப்பரப்பு

உடைய இரு ஒளிமூலங்களுள் ஒன்று இருளான பின்புலத்திலும், மற்றது வெளிறிய பின்புலத்திலும் இருந்தால், இருளான பின் புலத்தில் உள்ள ஒளிமூலத்தின் பிறங்கம் அடுத்ததைவிட மிகுதி யானதாக விழிக்குத் தோன்றும்.

பிறங்கத்தைக் கருதும்போது, இந்தப் பின்புலத்தையும் கருத்தில் கொண்டால், அது சார்புற்ற பிறங்கம் (Subjective brightness) எனப்படும். பின்புலத்தைக் கருத்தில் கொள்ளாமல் அதனை அதனாகவே கருதும்போதுள்ள பிறங்கம், சார்பற்ற பிறங்கம் (Objective brightness) எனப்படும். இந்தச் சார்பற்ற பிறங்கம் விழிப்புலத்தில் ஏற்படுத்தும் உணர்வே அறிவியல் மொழியில் பிறங்கம் எனப்படும்.

ஒரு மூலத்தின் பிறங்கத்தைக் கூறும்போது ஒளி மூலத்தின்—சூரியன், மின்விளக்கு போன்ற தானொளிரி மூலங்கள் ஆயினும், ஆடிகள் போன்ற பின்வரும் மூலங்கள் ஆயினும்—மொத்த அளவாகக் கூறப்பெறுவதில்லை. மாறாக, அம் மூலத்தின் விழிப்படு பரப்புக்குச் சார்பாகக் கூறப்படும். இப் பரப்பு வெறும் பரப்பாக இருந்தாலும் சரி—தோற்றப்பரப்பாக இருந்தாலும் சரி, இதன் SI அலகு கேண்டீலா எனப்படும் காந்திலா.

11-3.7 (b) ஒளிர்வியம்* (Luminance—L)

ஒளி மூலத்தின் ஒரு சதுர அலகுப் பரப்பின் சார்பற்ற பிறங்கம் (Objective brightness) அறிவியலில் ஒளிர்வியம் என வழங்கப்படுகிறது. எனவே, இதன் SI அலகு கேண்டீலா/சதுர மீட்டர் cdm^{-2} ஒளிர்வச் செறிவு திசையுளிக் கணிசம் ஆதலால் ஒளிர்வியமும் அதற்கான குறித்த திசையுடன் கூறப்பெறும்.

ஒரு தளத்தின் ஒளிர்வியம் என்பது அதன் 'நீட்டு' தளத்தின் ஓரலகுப் பரப்பு (Unit projected area of a surface) உண்மையில் உமிழும் ஒளியின் (அஃதாவது ஒளிர்வுச் செறிவின்) அளவே; இந்த 'நீட்டுதளம்' பார்வைத் திசைக்குச் செங்குத்தாக இருக்க வேண்டும்.

A என்ற பரப்பின் ஒளிர்வச் செறிவு I எனின், அதன் ஒளிர்வியம்

$$L = \frac{dI}{dA^1}$$

*11-3·7(b) ஒளிர்வியம் (luminance) முன்னாளில் பிறங்கம் (brightness) எனவே வேறுபாடின்றி வழங்கப்பட்டது.

தளப்பரப்பின் குத்துக்கோடும், கதிர்ப்பு பாயும் திசையும் ஒன்றாதபொழுது, அவற்றுக்கு இடையிலான கோணம் α என்க. அப்போது,

$$dA^1 = dA \cos\alpha$$

இதில் dA^1 தோற்றப் பரப்பு; dA மெய்ப்பரப்பு

எனவே, ஓர் ஒளிமூலத்தின் ஒரு சதுர அலகு நீட்டுப் பரப்பு (Projected area) குறித்த திசையில் உமிழும் ஒளிர்வச் செறிவை ஓரலகு ஒளிர்வியம் என வரையறுக்கலாம். இதன் பரிமானம்

$$[L] = yL^{-2}$$

ஒளிர்வியத்தின் அலகுகள்,

mks-ல் நிட் (nit) $= 1\ cd\ m^{-2}$
cgs-ல் ஸ்டில்வ் (stilb) $= 1\ cd/cm^2$
$= 10^{-4}\ cd\ m^{-2}$ ($= 10^{-4}$ நிட்)

SI-ல் ஒளிர்வியத்தை அதன் அடிப்படை அலகுகளால் குறிப்பதே உகந்தது. எனவே, ஒளிர்வியத்தின் அலகு SI-ல்

$$\langle L \rangle_{SI} \equiv cd\ m^{-2}$$

கணக்கு : தெளிவான நீலநிற ஆகாயத்தின் ஒளிர்வு 0.2—0.6 ஸ்டில்வ் எனின் SI-ல் அதன் மதிப்பு என்ன ?

1 ஸ்டில்வ் $= 1\ cd\ cm^{-2} = 10^{-4}\ cd\ m^{-2}$
எனவே 0.2→0.6 ஸ்டில்வ் $= 2 \rightarrow 6 \times 10^{-3}\ cd\ m^{-2}$
$= 2\text{-}6\ mcd\ m^{-2}$

ஒளிர்வியத்தின் வேறு சில சிறப்பலகுகள்: ஒரு தளம் ஒளியை உட்கவராமல், எல்லாத் திசைகளிலும் விரவச் செய்யுமானல், அத்தளம் ஒரு லேம்பர்ட் மூலம் எனப்படும். எல்லாத் திசைகளிலும் ஆன அதன் ஒளிர்வியம்,

$$L = \frac{1}{\pi} E \text{ ஆகும்.}$$

இதன் அடிப்படையில் ஆன சில அலகுகளாவன:

(1) லேம்பர்ட் (Lambert): ஒரு சதுர சென்டிமீட்டருக்கு ஒரு லூமென் உமிழும் பரப்பின் ஒளிர்வியம் ஒரு லேம்பர்ட்;

$$1 \text{ லேம்பர்ட்} = \frac{10^4}{\pi}\ cd\ m^{-2}$$

ஒளியளவியல் அறிஞர் J.H. லேம்பர்ட் (*1728—1777*) பெயரில் ஆன இந்த அலகு *1920*-ல் முதன் முதலாகப் பயன்படுத்தப் பட்டது.

(2) அப்போஸ்டில்வ் (Apostilb–asb): ஒரு சதுரமீட்டருக்கு ஒரு லூமென் உமிழும் சீரான விரவுதளத்தின் ஒளிர்வம் ஒரு அப்போஸ்டில்வ் ஆகும்.

$$1 \text{ asb} = 10^{-4} \text{lambert} = \frac{I}{\pi} \text{ cd m}^{-2}$$

1935-ல் இந்த அலகு ஏற்றுக்கொள்ளப் பெற்றிருந்தும் அறிவியல் துறைக்கு மேற்கொள்ளப்படவில்லை. *1949*-ல் இருந்து 'லேம்பர்ட்'டுக்குப் பதிலாக அப்போஸ்டில்வ் பயன்பட்டு வருகிறது.

(3) அடி லேம்பர்ட் (Foot lambert) அல்லது சமஅடி கேண்டில்: கம்மியத்துறையில் *1* லூமென் ஒளியுமிழும் அல்லது ஒளிமீட்சி செய்யும் ஏடலிக விரவு தளங்களின் (Ideal*diffusing surface) ஒளிர்வியம் *1* அடி லேம்பர்ட் (ft—L) என்ற அலகால் அளக்கப்பட்டு வந்தது.

11–3.8. ஒளியூட்டம் (Illuminance)

ஒளிர்வம், ஒளிர்வச்செறிவு, ஒளிர்வப்பாயம் முதலாக இது வரை கருதிய கணிசங்கள் ஒளிமூலங்களைப் பற்றியன. ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்ப்பாற்றல் (Radiant energy) வெளியில் பரவி,சுவர் போன்ற தளங்களில் விழுகிறது. இவ்வாறு ஒரு தளத்தில் படும் ஒளியாற்றலை, அத் தளத்தின்மீது படும் ஒளிர்வப் பாயத்தை, மொத்தத் தளப்பரப்பால் வகுத்து அளந்தறியலாம். இது, அப்பரப்பின் ஒளியூட்டம் (Illumination—E) எனப்படும். இதன் SI அலகு லூமென்/சதுரமீட்டர். இது லக்ஸ்† (lux—lx) என வழங்கப்படும்.

ஒரு தளத்தின் ஒளியூட்டம் என்பது அதன் ஓரலகுத் தளப் பரப்பில் செங்குத்தாக வந்து படும் ஒளிர்வப் பாயத்தின் அளவு ஆகும். எனவே இதன் பரிமாணம் $[E] = L^{2}y$.

லக்ஸ்: ஒரு சதுர மீட்டர்ப் பரப்பில் ஒரு லூமென் ஒளிர்வப் பாய்வின் ஒளியூட்டம் ஒரு லக்ஸ் ஆகும். இதன் cgs அலகு போட் (phot).

*ideal—ஏடலிக; perfect-இலக்கணிய; ஏடல்→ideal

†*11-3.8*: லக்ஸ், *1897*-ல் செர்மனியில் பரிந்துரைக்கப் பெற்றது; 'மீட்டர்-கேண்டில்' எனவும் வழங்கப்பட்டது.

1 போட் = 1 லூமென்/செமீ^{2} = 10^{-4} லக்ஸ்

ஒளியூட்டத்துக்கான பிரித்தானிய அலகு லூமென்/சதுர அடி அல்லது அடி கேண்டில் = 10.764 லக்ஸ்.

லஃசான் (Luxon) : விழிப்பாவையின் புழைப்பரப்பு ஒரு சதுர மில்லிமீட்டர் உள்ளபோது, ஒரு கேண்டலா ஒளிர்வமும் ஒரு சதுர மீட்டர்ப் பரப்பும் உள்ள ஒரு தளம் விழித்திரையில் உண்டாக்கும் ஒளியூட்டம் ஒரு லஃசான் எனப்படும். இந்த அலகு கண்ணோய் மருத்துவர்களால் கையாளத்தக்கது.

ஒளிர்வ உமிழ்வு, ஒளிர்வச் செறிவு, ஒளிர்வம், ஒளியூட்டம் முதலான எல்லாக் கணிசங்களின் பரிமானங்களும் மாறாதவை.

SI-ல் [R] = [L] = [E] = $L^{-2}y$
cgs-ல் [R] = [L] = [E] = $L^{-2}\phi$

[y]—SI-ல் ஒளிர்வச் செறிவின் பரிமானம்.
[ϕ]—cgs-ல் ஒளிர்வப் பாயத்தின் பரிமானம்.

11-3.9. ஒளியூட்ட அளவு (Quantity of Illumination-H)

ஒளியூட்டத்தை ஒளிபடும் காலத்தால் பெருக்கினால் ஒளியூட்ட அளவு கிடைக்கும்.

$$H = Et$$

இதன் அலகு SI-ல் லக்ஸ்/* நொடி = 10^4 போட் நொடி

11-3.10. திறப்பளவு (Exposure)

திறப்பளவு என்பது ஒளியூட்ட அளவேயன்றி வேறன்று.

11-3.11. பயிற்சிக் கணக்கு

கண்ணுக்கு மிகுந்த உணர்வூட்டம் அளிக்கும் அலைநீளம் 555nm. இதன் அதிர்வம் என்ன?

λ = 555nm = 555×10^{-9}m; c = $3\times10^8 ms^{-1}$ f = ?
ஒளியின் கதி c = அதிர்வம் f $\times$ அலைநீளம் λ

$$\therefore f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2.998\times10^8 ms^{-1}}{555\times10^{-9}m}$$
$$= 5.466\times10^{14}s^{-1}$$
$$= 546.6 \text{ THz}$$

*11-3.9, 11-3.8. லக்ஸ் lux-ன் சொல் வரலாறு
தமிழ்: இலகு-இலக்கு-இலக்கம் = ஒளி; அதனால் வெண்மை.

இலகு→Latin lux (light), GK. leukos (white), E.light என இரண்டாம் நிலைத்திரிபாக அமையும் என்பர், மொழிநூல் அறிஞர்.

11-4. கதிர்ப்பு ஆற்றல் அலகுகள்
(Units Relating to Radiant Energy)

கதிர்ப்ப ஆற்றலும் ஏனைய ஆற்றல்களைப் போலவே வேலையின் அலகால் அளக்கப்பெறும். ஒளிக்கதிர்ப்பு ஆற்றலைப் பற்றி 11.3-ல் அறிந்தோம். அனைத்துக்கும் பொதுவான கதிர்ப்பு ஆற்றலைப் பற்றி இங்கே அறியலாம். ஒளிக்கதிர்ப்பு ஆற்றலை அளந்தறிய நமது விழிப்புல உணர்வுதான் பயன்படுகிறது. எனவே, இது சார்புற்ற (subjective) அளவாக விளங்குகிறது. மாறாக, கதிர்ப்பு ஆற்றல் தக்க கருவிகளால் அளக்கப் பெறுவதால், இது சார்பற்ற (objective) அளவாகத் திகழ்கிறது.

ஏற்கெனவே ஒளிக்கதிர்ப்புக் கணிசங்களின் அலகுகள் விளக்கப்பட்டு விட்டதால், அவற்றையொத்த கதிர்ப்பு ஆற்றற் கணிசங்களையும் அலகுகளையும் மேம்போக்காகக் கூறிச் சென்றால் போதும்.

11–4.1 (a) கதிர்ப்பாற்றல் (Radiant Energy)

விசையியல் ஆற்றல், வெப்ப ஆற்றல், ஒலியாற்றல் போன்றே கதிர்ப்பு ஆற்றலும் வேலையின் அலகால் அளக்கப்பெறும்; (ஒப்பு நோக்குக: 10-2.4.)

11-4.1. (b) கதிர்ப்புச்செறிவு (Radiant Intensity)

ஒரு கதிர்ப்பு மூலம், குறித்த திசையில் ஓரலகுத் திண்மக் கோணத்தில் பாய்ச்சும் கதிர்ப்பப்பாயம் **அதன் கதிர்ப்புச் செறிவு** என வழங்கப்பெறும்.

திண்மக்கோணத்துக்குப் பரிமாணம் இல்லையாதலால் ஒளியியலில் போலவே, கதிர்ப்புப் பாயமும் கதிர்ப்புச் செறிவும் ஒரே பரிமாணம் உடையன.

கதிர்ப்புச் செறிவின் அலகு,

SI–ல் Wsr^{-1}

cgs-ல் erg $sr^{-1} = 10^{-7} Wsr^{-1}$

11-4.2. கதிர்ப்புச் செறிவின் மொத்த அளவு

கதிர்ப்பச் செறிவையும், அதற்கான காலவிடையையும் பெருக்கினால் கதிர்ப்புச் செறிவின் மொத்த அளவு கிடைக்கும்;

$$Cr = I_r t$$

11-4.3. கதிர்ப்பாற்றல் பாயம் (Radiant Energy Flux—ϕ)

குறித்த திசையில் ஓரலகு நேரத்தில் பாயும் கதிர்ப்பு ஆற்றலே கதிர்ப்பாற்றல் பாயம் எனப்படும். எனவே, 'காலமேனி வேலை' யாய் (ஆற்றலாய்) விளங்கும் இது திறனின் அலகால் அளக்கப்படும் என்பது வெளிப்படை (ஒ.நோ: 10-2.6.) இதன் அலகு SI-ல் வாட்; cgs-ல் எர்கு / நொடி, கலோரி/நொடி, கிலோ கலோரி/மணிமுதலியன. இதன் பரிமானம் $[\phi] = ML^2T^{-3}$.

11-4.4. கதிர்ப்பாற்றல் அளவு (Quantity of Radiant Energy)

கதிர்ப்பாற்றல் பாயத்தை, பாயும் நேரத்தால் பெருக்கக் கிடைப்பது கதிர்ப்பாற்றல் அளவு; $Q = \phi t$. நுணுக்க அளவீட்டில்,

$$Q = \int_0^t \phi \, dt = \phi t$$

இதனை SI-ல் வாட் நொடி என்ற அலகால் அளக்கலாம்.

11-4.5. கதிர்ப்பு உமிழ்வம் (Radiant Emittance—R_r

கதிர்ப்பு மூலத்தின் ஓரலகுப் பரப்பு உமிழும் மொத்தக் கதிர்ப்புப் பாயத்தின் அளவு கதிர்ப்பு உமிழ்வம் எனப்படும்.

$$R_r = \frac{d\phi}{dA} \; ; \; [R_r] = L^{-2}y = L^{-2}\phi$$

இதற்கான அலகு SI-ல் வாட் மீட்டர்$^{-2}$ Wm^{-2}

cgs-ல் (எர்கு/நொடி செமீ^{2}) $= 10^{-3}\ Wm^{-2}$

(கலோரி/நொடி செமீ^{2}) $= 4.190 \times 10^{-4}\ Wm^{-2}$.

11-4.6. கதிர்ப்புப் பாய அடர்த்தி (Radiant Flux Density)

இதுவும் கதிர்ப்பு உமிழ்வமும் ஒன்றே.

11-4.7. கதிர்ப்பியம் (Radiance—L_r)

கதிர்க்கும் தளத்தின் ஓரலகு நீட்டு (துருத்து)ப் பரப்பு (projected area) அதற்குச் செங்குத்தான திசையில் பரப்பும் கதிர்ப்புச் செறிவின் அளவு அதன் கதிர்ப்பியம் எனப்படும்.

$$L_r = \frac{dI}{dA^1}$$

தளம், திசைக்கு α கோணம் சரிவாய் இருப்பின் $dA^1 = dA \cos\alpha$.

கதிர்ப்பப் பாய அடர்த்தியின் பரிமானமே இதற்கும் பொருந்தும். $[L_r] = MT^{-3}$
இதன் அலகுகள்: $Wm^{-2}sr^{-1}$

$$erg\ s^{-1}\ cm^{-2}\ sr^{-1} = 10^{-7}\ Wm^{-2}\ sr^{-1}$$

11.4.8. கதிர்ப்ப ஊட்டம் (radiant illuminance—E_r)

ஒரு தளப் பரப்பில்படும் கதிர்ப்பப்பாய அடர்த்தி, அப் பரப்பின் கதிர்ப்ப ஊட்டம் எனப்படும்.

11.4.9. கதிர்ப்ப ஊட்டத்தின் அளவு (quantity of radiant illumination = H_r)

குறித்த காலயிடையில் ஓரலகுத் தளப்பரப்பில் படும் கதிர்ப்ப ஆற்றலின் மொத்த அளவு கதிர்ப்ப ஊட்டத்தின் அளவு எனப்படும்.

$$H_r = \int_0^t E_r\,dt$$

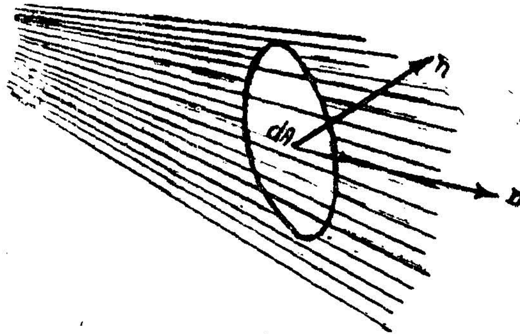
எனவே இதன் பரிமானம்

$$[H] = MT^{-3}\,T = MT^{-2}$$

இதன் அலகு Jm^{-2}

11.4.10. ஆற்றல் பாய்வு (energy flow-S)

குறித்த திசையில் திசைக்குச் செங்குத்தான ஓரலகுப் பரப்பில் பாயும் கதிர்ப்பாற்றல் பாய்வு ஆற்றல் பாய்வு எனப் படும். இது திசையுளி (vector) அளவாகும். இதன் வாய்பாடு



படம் 75. ஆற்றல் பாய்வு

$$\text{SI இல் } \underset{\approx}{S} = \underset{\approx}{E} \times \underset{\approx}{H}$$

$$\text{cgs இல் } \underset{\approx}{S}\ \frac{C}{4\pi}\ \underset{\approx}{E} \times \underset{\approx}{H}$$

E—மின்சாரப் புலத்திசையுளி
H—காந்தப் புலத்திசையுளி

11.4.11. கதிர்ப்ப ஆற்றல் அடர்த்தி (radiant energy density-u) என்பது ஓரலகுப் பருமத்துள்ளான கதிர்ப்ப ஆற்றலே ஆகும் (ஒ.நோ: *8.4.8; 10.2.5*) இதன் அலகு

SI இல் Jm^{-3}
cgs இல் erg cm^{-3} = *0.1*.Jm^{-3}

இவ்வாறு, அடங்கிய கதிர்ப்ப ஆற்றல், கரும்பொருள் கதிர்ப்ப நெறிகளுக்கு முற்றிலும் உட்படுகிறது. இதற்கான ஸ்டெபான் — போல்ட்சுமான் நெறிப்படி "கதிர்ப்பின் பருமடர்த்தி சார்பிலா வெப்பநிலையின் நாற்படிக்குத் (fourth power) தகவுடையதாய்" உள்ளது. இந்தக் 'கதிர்ப்ப ஆற்றல் அடக்கத்தில்', நுண்ணிய துளையை யிட்டால் அது கரும்பொருட் கதிர்ப்பு உமிழ்ப்பானாகச் செயல்படுகிறது. இதன் கதிர்ப்ப உமிழ்வும் (R_r), கதிர்ப்ப ஆற்றல் அடர்த்தியும் (u) ஒளியின் கதி (c) யுடன்

$$R_r = \frac{1}{4} u\,c$$

என்ற சமன்பாட்டால் தொடர்புற்றுள்ளன. ஸ்டெபான் போல்ட்சுமான் நெறிப்படி

$$R_r = \sigma T^4$$

இதிலிருந்து போல்ட்சுமான் மாறிலியின் மதிப்பை அறியலாம்;

SI இல் $\sigma = 56.69 \times 10^{-8}\ Wm^{-2}k^{-1}$
cgs இல் $\sigma = 56.69 \times 10^{-6}$ erg s^{-1} cm^{-2} $°C^{-1}$

11.4.12. அலைநீள வழியான அலை நிறக் கதிர்ப்பப் பாய அடர்த்தி (spectral radiant flux density along the wavelength)

$$\phi_r\,\lambda = \frac{d\phi_r}{d\lambda}$$

எனவே இதன் பரிமானம்

$$[\phi_{r\lambda}] = LMT^{-2}\,LT^{-1}\,L^{-1} = LMT^{-3}$$

இதன் அலகுகள் SI இல் Wm^{-1}; cgs இல் erg s^{-1} cm^{-1}

அலைநிரல் இயலில் இப்பாய அடர்த்தி அந்தந்த அலைநிரற் பகுதியின் அலை நீள இடைவெளிக்குத் தொடர்பாய் அளக்கப் படும். எனவே இவை W $\mathring{A}^{-1}$; erg s^{-1} $\mathring{A}^{-1}$ என்ற அலகுகளிலும் அளக்கப்பட்டன.

11.4.13. அடுக்க (அல்லது அதிர்வ) வழியான அலை நிரற் கதிர்ப்பப் பாய அடர்த்தி

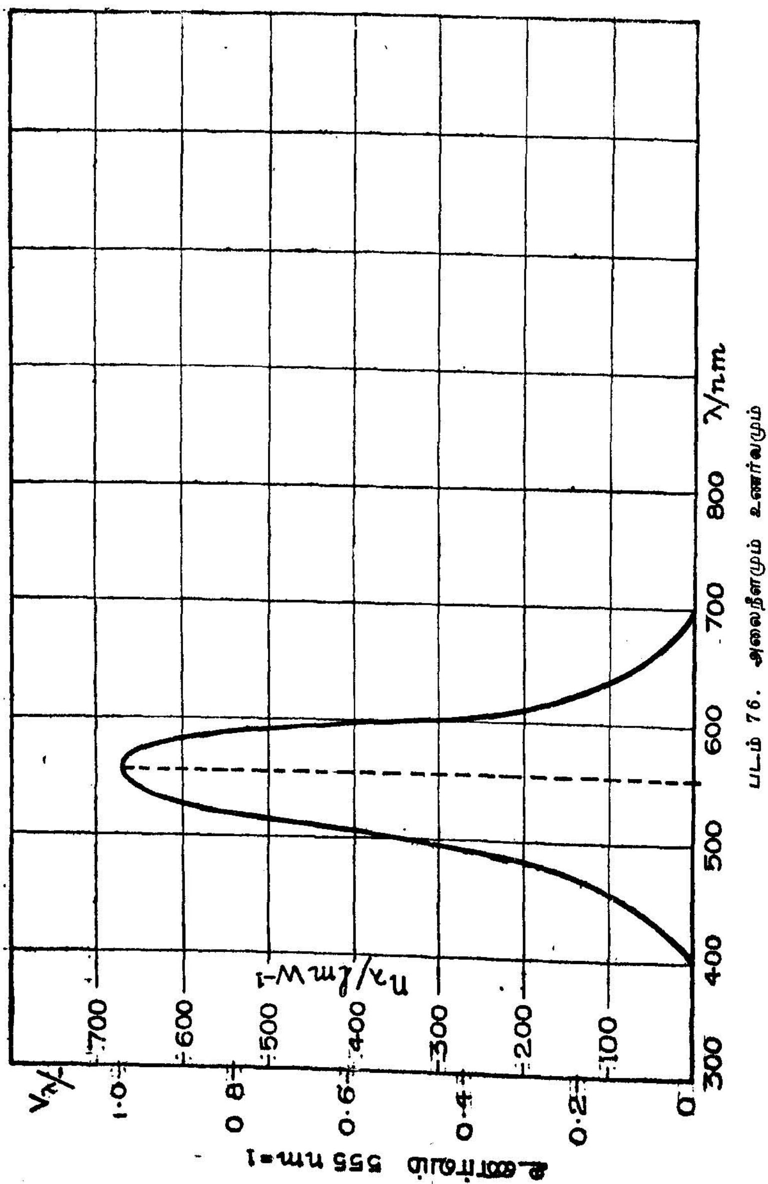
$$\phi_{rf} = \frac{d\phi_r}{df}$$

இதன் பரிமானம் = $LMT^{-2}\,LT^{-1}\,T = L^2\,MT^{-2}$
இதன் SI அலகு 'வாட்'

ஒளியியற் கணிசங்களை உள்ளடக்கிய கதிர்ப்ப ஆற்றற் கணிசங்களின் அலகுகள் cgsl திட்டத்திலும் SI யிலும் வேறுபடு வதில்லை. cgsl திட்டத்தில் ஒளிர்வப் பாயம் ϕ அடிப்படைக் கணிசமாக விளங்கியது; இதன் பரிமானம் [ϕ] SI-யிலோ ஒளிர்வச் செறிவு I அடிப்படைக் கணிசமாக விளங்குகிறது. இதன் பரி மானம் [y]. இது தவிர வேறு வேறுபாடில்லை.

11.5. சார்புற்ற ஒளியலகுகளுக்கும் சார்பற்ற கதிர்ப்பலகுகளுக்கும் ஆன தொடர்பு

ஒளியியற் கணிசங்களை, அவை விழிப்புலனில் உண்டாக்கும் உணர்வால் அளப்பதால், அவை விழிக்கு விழி மட்டுமல்லாது, ஒரே விழிக்கே அலைநிரலின் வெவ்வேறு புலங்களிலும் வேறு பட்டிருக்கக் கூடும் என்பதை ஏற்கனவே குறித்துள்ளோம். விழிப்புல உணர்வால் மதிப்பிடக்கூடிய இந்த அளவுகள் சார் புற்றவை (subjective) எனவும், கருவிகளைக் கொண்டு நேரடியாக அளவிடக்கூடியவை சார்பற்றவை என்றும் பெயர் பெற்றதை அறிவோம். ஒளியியலின் ஒளியூட்டக்கூறை, விழிப்புலப்படுத்தத் தாலும், கதிர்ப்பக்கூறை கருவிகளாலும் அளக்கலாம். இத் தகைய இருவகை அளவீட்டைத் தொடர்புபடுத்துவது இன்றி யமையாததல்லவா!



படம் 76. அலைநீளமும் உணர்வமும்

பல்வேறு ஆய்முறைகளைக் கொண்டு, பற்பல விழிகள் அலை நிரலின் வெவ்வேறு புலங்களில் பெற்ற உணர்வை அளந்து ஒரு தொகைச் சராசரி காணும்போது, 400nm அளவில் விழியின் உணர்வு தொடங்கி படிப்படியாகக் கூடி 555nm-இல் உச்ச உணர்வை அடைந்து மீண்டும் படிப் படியாகக் குறைந்து 700nm அளவில் உணர்வு மழுங்கி விடுகிறது. இந்தப் பண்பு ஒளிர்வப் பயனுறுதிறன் (luminous efficiency) என்ற தொடரால் விளக்கப் பெறும். (11.3.3 ஐப் பார்க்க)

11.5.1. சார்பிலா ஒளிர்வப் பயனுறுதிறன் (absolute luminous efficiency-n)

என்பது விழிப்புலனால் உணரப்படுகின்ற ஒளிர்வப்பாயத் துக்கும், அதற்கு ஒத்த உண்மையான மொத்தக் கதிர்ப்பாற்றல் திறனுக்கும் உள்ள தகவு ஆகும்.

$$\eta = \frac{\phi}{\phi r}$$

இதில் ϕr -கதிர்ப்பாற்றல் திறன். ϕr 'வாட்' என்ற அலகாலும் ϕ லூமென் என்ற அலகாலும் அளக்கப் படுவதால்

$$<\eta> = \text{lm w}^{-1}$$

வெள்ளொளி (white light) யின் மொத்த ஒளிர்வப் பாயத் துக்கும் அதன் கதிர்ப்பப் பாயத்துக்கும் ஆன இத்தகைய தகவு, **மொத்த ஒளிர்வப் பயனுறுதிறன்** என்றும், இவ்வாறே ஒற்றைக் குரும ஒளி (monochromatic light) க்கான இத்தகையத் தகவு **ஒற்றைக் குரும ஒளிர்வப் பயனுறுதிறன்** என்றும் அழைக்கப் படும்.

கதிர்ப்ப ஆற்றலை ஒளியாற்றலாக மாற்றக்கூடிய கணக் கீட்டுக்கு இந்தப் ''பயனுறுதிறன்'' மிக இன்றியமையாததாய் விளங்குவதால், இத்துறையில் இது ஓர் அடிப்படைக் கணிச மாகவே கொள்ளப்படுகிறது. அப்போது பாயத்தின் பரிமானம்

$$[\phi] = [\phi r][\eta] = L^2MT^{-3}\eta$$

11.5.2. ஒப்பு ஒளிர்வப் பயனுறுதிறன் (relative luminous efficieney-vλ)

அலைநிரலின் ஒவ்வொரு புலத்துக்கும் ஒளிர்வப் பயனுறு திறன் மாறக் கூடியது. குறித்த அலைநீளத்தின் ஒளிர்வப்பயனுறு திறனுக்கும், உச்சப் பயனுறு திறனுக்கும் ஆன தகவு **ஒப்பு ஒளிர்வப் பயனுறுதிறன்** எனப்படும்.

$$V\lambda = \frac{n\lambda}{\eta_{உச்சம்}}$$

555nm அலைநீளத்தில் உச்சப் பயனுறுதிறன் கிடைக்கிறது; இப்புலம் அலைநிரலின் பச்சைநிறப்புலம். இப்போதான உச்சப் பயனுதிறன் 683 lmw^{-1}

11.5.3. ஒளியின் விசைய சமணி (mechanical equivalent of light)

உச்ச ஒளிர்வப் பயனுறுதிறனின் (highest luminous efficiency) தலைகீழ்ப்பு, ''ஒளியின் விசையச் சமனி'' என அழைக்கப்படும். η உச்சம் = 683 lmw^{-1}

$$M_l = \frac{1}{\eta_{உச்சம்}} = \frac{1}{683\ lm/w} = 1.466\ mw\ lm^{-1}$$

இது, ஒளியின் விசையச் சமனியின் குறைந்த மதிப்பு என்பது வெளிப்படை.

11.3, 11.4, 11.5 இல் கண்ட கணிசங்களும் அலகுகளும் ஒளியூட்டக் கம்மியத்துறையில் (illumination engineering) பயன்படுவன.

11. 6. வடிவ ஒளியியல் அலகுகள்

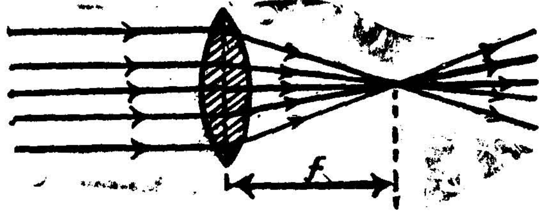
ஒளியியற் கருவிகளில் பெரிதும் பயன்படுவன வில்லைகள் (lenses). எனவே, வில்லைகளின் திறன், குவியத் தொலைவு முதலியவற்றை அறியலாம்.

11. 6.1. குவியத் தொலைவு (focal length)

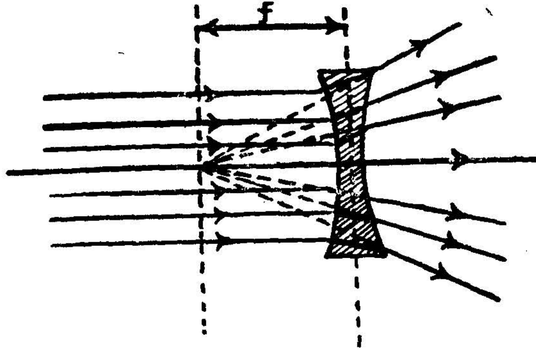
ஒரு மெல்லிய வில்லையின் முதன்மை யச்சுக்கு (principal axis) இணையாகவும் நெருக்கமாகவும் வரும் ஒளிக்கதிர்கள், வில்லையுள் ஒளிவிலக்கம் அடைந்து (1) குவி வில்லையாயின் மறு புறம் ஒரு புள்ளியில் குவியும்; அன்றி (2) குழிவில்லையாயின் மறு புறம் விரிந்து செல்லும்; இவ் விரிகற்றை ஒரு புள்ளியில் இருந்து வருவதாகத் தோன்றும் இப்புள்ளி முதன்மைக்குவியம் எனப் படும். வில்லையின் ஒளிமையத்துக்கும் (optical centre-P), முதன் மைக் குவியத்துக்கும் (F) இடைப்பட்ட தொலைவு **குவியத் தொலைவு** எனப்படும்.

இதனை மீட்டரில் அளப்பதே முறையானது. cgs திட்டத் தில் சென்டிமீட்டரில் அளக்கப்பட்டது.

வில்லை மெல்லியதாய் இல்லாத போதும், வில்லைத் தொகுதிகளைப் பயன்படுத்தும் போதும், வில்லையில் படும் கதிரும் விலகும் கதிரும் சந்திக்கும் தளத்துக்கும் குவியத்தளத்



படம் 77. குவிவில்லை-குவியத்தொலைவு



படம் 78. குழிவில்லை-குவியத்தொலைவு

துக்கும் இடையில் உள்ள தொலைவைக் குவியத் தொலைவாக அளந்து கொள்ள வேண்டும்.

11.6.2. வில்லைத்திறன் (Power of a lens)

மீட்டரில் கூறப்படும் குவியத் தொலைவின் தலைகீழ் மதிப்பு வில்லைத்திறன் (p) எனப்படும்.

$$p = \frac{1}{f}$$

இவ்வில்லைத்திறன் குவிவில்லைக்கு (அதன் குவியம் மெய்க் குவியம் ஆதலால்) நேர்க்குறியுடையதாகவும், குழிவில்லைக்கு (மாயக்குவியம் ஆதலால்) எதிர்க்குறியுடையதாகவும் கொள்ளப் பெறும் இவ்வில்லைத்திறனின் பரிமானம்

$$[P] = L^{-1}$$

எனவே இது m^{-1} என்ற அலகு உடையதாயினும், மருத்துவத் துறையின் பயன்கருதி, இது டயாப்டர் (dioptre) என்ற தனி அலகால் அளக்கப்படுகிறது.

வில்லைத்திறனே முக்கியமான கணிசம்; குவியத்தொலைவு வில்லைத் திறனுக்குப் பின்னர்தான். வில்லைத்திறனைப் பயன் படுத்துவதே பொருத்தமானது.

எடுத்துக்காட்டாக 2 மீட்டர் குவியத் தொலைவுள்ள குழி வில்லையின் திறன்

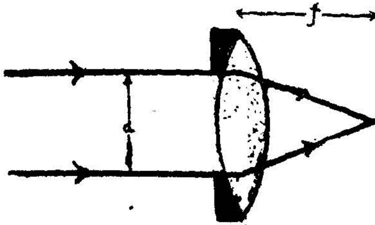
$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{-2} = -0.5 \text{ டயாப்டர்}$$

ஆகும்.

குவியத் தொலைவின் தலைகீழ் மதிப்பை வில்லைத்திறன் எனக் கொள்ள வேண்டும் என்ற கருத்தை நாகல் என்பவர் 1868 இல் பரிந்துரைத்திருந்தார். 1875 இல் பிரஸ்ஸெல்ஸ்-இல் நடந்த மருத்துவ மாநாட்டில் டயாப்டர் என்ற அலகு மேற் கொள்ளப் பட்டது.

11.6.3. ஒப்புப்புழை அல்லது f எண் (relative aperture or f number)

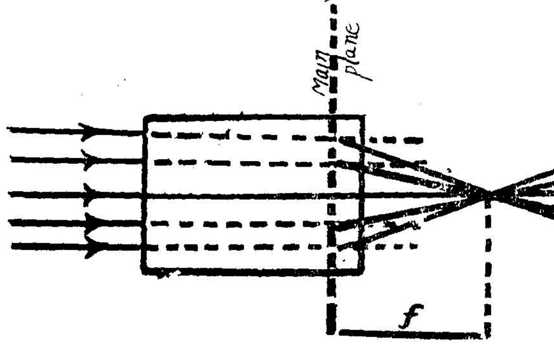
தொலைநோக்கி, ஒளிப்படப்பெட்டி போன்ற கருவிகளில் உள்ள பொருளருகிகளின் (objective) ஒளி ஈர்ப்புத்திறன், ஒப்புப் புழை என்ற கருத்தால் விளக்கப்படும். பொருள் ஈறற்ற தொலைவில் உள்ள போது, வில்லையின் குவியத் தொலைவுக்கும், வில்லைத் திறப்புப்புழையின் விட்டத்துக்கும் உள்ள தகவு ஒப்புப் புழை எனப் படும்.



படம் 79. குவிவில்லை-ஒப்புப்புழை

ஒளிப்படப்பதிவியலில் இந்த ஒப்புப்புழை f எண் என அழைக்கப்பட்டு, வில்லையின் விரைவைக் குறிப்பதாய்க் கருதப் படுகிறது.

வில்லையின் குவியத்தொலைவு f; வில்லைத் திறப்பின் விட்டம் d எனின், அக்கருவியின் ஒப்புப்புழை அல்லது f எண் (f/d) எனக் குறிக்கப்பெறும்.



படம் 80. வில்லைத்தொகுதி-ஒப்புப் புழை

இது பரிமானமாற்ற வெறும் எண் என்பது வெளிப்படை

11.6. (A) பொருள்களின் ஒளியியற் பண்புகளுக்கான அலகுகள்

ஒளி ஊடுருவும் பொருள்களின் ஒளியியற் பண்புகளைக் குறித்த அலகுகளை அறியலாம்.

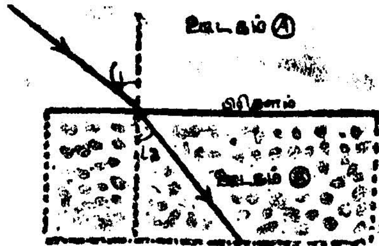
11.6.4. ஒளிவிலக்கெண் (refractive index–n)

வெற்றுவெளி (free space) யில் ஒளியின் கதிக்கும் v_o கருதப் படும் பொருளில் அவ்வொளியின் கதிக்கும் v_B உள்ள தகவு, அப் பொருளின் ஒளிவிலக்கெண் எனப்படும்

$$n = \frac{v_o}{v_B}$$

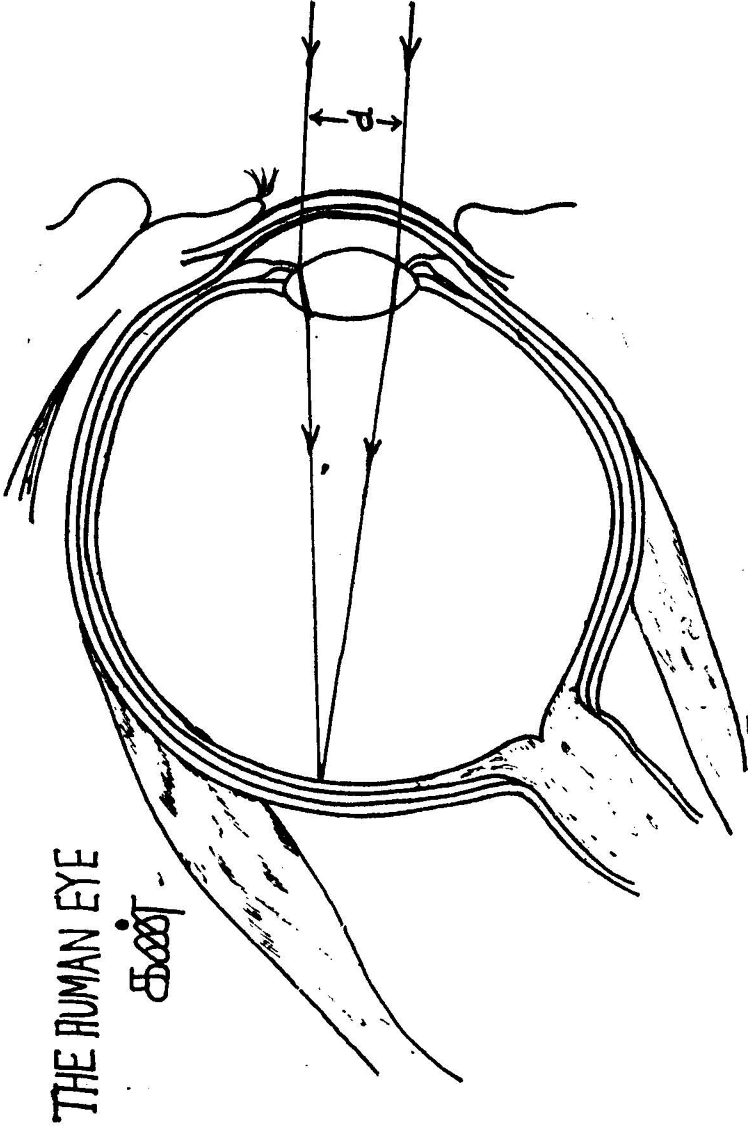
இதனை வேறொருவகையாகவும் விளக்கலாம்:

அடர் குறைந்த ஊடகத்தில் இருந்து அடர்மிகுந்த ஊடகத்துள். குறித்த அலைநீளம் உள்ள ஒளிக் கதிர் செல்லும்போது, பிரிதளத்தில் படுபுள்ளியில் வரையப்படும் செங்குத்துக் கோட்டை நோக்கி விலக்கம் அடையும். இந்த விலக்கத்தில் படுகோணத்தின்



படம் 81. ஒளிவிலக்கம்

நெடுக்கைக்கும் (sine), விலகு கோணத்தின் நெடுக்கைக்கும் உள்ள மாறாத தகவு ஒளிவிலக்கெண் எனப்படும்; சரியாகக்கூறு



படம் 82. கண்ணுப்பாவை

வதாயின், முதல் ஊடகத்துக்குச் சார்பாக இரண்டாம் ஊடகத்தின் ஒளிவிலக்கெண் (அஃதாவது ஒப்பு ஒளிவிலக்கெண்)

$$n_{B\text{-}A} = \frac{\text{Sin } i_1}{\text{Sin } i_2} \quad \text{அல்லது} \quad n_{A\text{-}B} = \frac{\sin i_2}{\sin i_1}$$

முதல் ஊடகம் (A) வெற்றிடம் ஆயின் இந்தத் தகவு, இரண்டாம் ஊடகத்தின் சார்பிலா ஒளிவிலக்கெண் எனப்படும்.

$$n_{B\text{-}O} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}$$

11.6.5. ஒளியியற் குணகங்கள்

ஒரு பொருளின் மீது மோதும் ஒளிர்வப் பாயத்தின் ஒரு பகுதி நேரடியாய் ஒளி மீட்சி யடைகிறது; ஒரு பகுதி எல்லாத் திசைகளிலும் விரவுதல் உறுகிறது; மீதிப் பகுதி பொருளின் ஊடாகக் கடத்தப்படுகிறது. இந்தத் தனித் தனி ஒளிர்வுப் பாயப் பகுதிகளுக்கும், மோதிய மொத்த ஒளிர்வுப் பாயத்துக்கும் உள்ள தகவுகள், முறையே ஒளிமீட்சிக் குணகம் ρ, விரவற் குணகம் σ, உட்கவர் குணகம் α, கடத்துகைக் குணகம் Υ எனப்படும். இவை பரிமானமில் மாறிலிகளே. இவற்றுள் உட்கவர் குணகமும் கடத்துகைக் குணகமும் பொருளின் தடிமத்தைப் பொறுத்தவை.

மோதும் ஒளிர்வப் பாயத்தின் செறிவு I_0, X- தொலைவைக் கடந்தபின் பாயத்தின் செறிவு I எனின்

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

இதில் α உட்கவர் குணகம்.

$$[I] = [I_0]$$

எனவே $e^{-\alpha n}$ பரிமானமில்லாததாய் இருக்க வேண்டும் அதற்கு

$$[\alpha] = L^{-1}$$

என இருந்தாகவேண்டும்.

இந்தக் குணகங்களை 10.4.1. முதலான ஒலியியற் கணிசங்களுடன் ஒப்புநோக்குக.

cgsl அலகுத் திட்டத்துக்கும் SI-க்கும் ஏற்கனவே குறித்தது போல் வேறுபாடு ஏதும் இல்லை. நிறை ஒளியியலில் வருவதற்கில்லை. எனவே தொலைவை செண்டிமீட்டருக்குப் பதிலாக மீட்டரில் அளந்தால் போதுமானது.

12. மின்சார மற்றும் காந்த இயல் கணிசங்களின் அலகுகள்

(Units of Electrical and Magnetic Quantities)

அம்பரை (amber-Gk elektron)த் தேய்ப்பதால் மின்னூட்டம் உண்டாகிறது என்றும், சில கற்களும் இரும்புத் துண்டுகளும் திசைச்சுட்டும் பண்பைப் பெற்றுக் காந்தங்களாக *விளங்கு கின்றன என்றும் பழங்கால மக்கள் அறிந்திருந்தனர். எனினும் இந்த இரண்டுக்கும் தொடர்பிருக்கும் என எவரும் நினைத்துப் பார்த்ததில்லை. 19ஆம் நூற்றாண்டுத் தொடக்கத்தில் இதன் 'ஒப்புமை'யை அறியத் தொடங்கியிருந்தாலும், அதனைப் பற்றி 1820 வரை தெளிவாகத் தெரிந்திருக்கவில்லை. 1820 இல் டென்மார்க் பூதவியலறிஞர் சாண் கிறிஸ்டியன் எர்ஸ்டெட் John christian oersted 1777-1851) என்பவர், ஒரு கம்பியின் ஊடாக மின்னோட்டம் பாயும்போது கம்பிக்கு இணையாக இருந்த காந்த ஊசி விலக்கம் அடைவதைக் கண்டதில் இருந்து மின்சாரத்துக்கும் காந்தத்துக்கும் உள்ள நெருக்கம் புலப் பட்டது. 1823 இல் ஆண்ட்ரே மேரி ஆம்பியர் (Andre Marie Ampere 1775-1836) என்ற பிரெஞ்சு அறிஞர், தமது காந்த வியலின் மின்னோட்ட ஆழிக் கொள்கையை (current ring theory) உருவாக்கியதில் இக்கருத்து மேலும் வலிவுற்றது. இருப்பினும், மின்சார விளைவுகளும் காந்த விளைவுகளும் தனித்தனியே தான் ஆய்ந்தறியப்பட்டு வந்தன. இவற்றுக்கு இடையிலான மின்காந்த விளைவுகளே இவற்றை இணைப்பவையாகக் கருதப் பட்டன.

தற்போதைய அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்தில் காந்த விளைவுகள் அனைத்தும் சம மின்சார விளைவுகளாகக் கருதப் பட்டு அளக்கப் பெறுகின்றன. எனவே இக்காலத்தில் காந்த வியல் என்ற தனிப்பிரிவு கிடையாது; காந்தவியல் மின்சார

*காந்தம்—இதன் வேர்ச்சொல் காம் = கவர்தல்

இயலுக்குள் அடக்கப் பெறும். எனவே முன்னர் 'மின்சார இயலும் காந்தவியலும்' எனக் குறிப்பிடப்பட்ட சொற்றொடர், இனி மேல் (SI படி) ''மின்சார இயல்'' என்று மட்டுமே குறிக்கப்பெறும்.

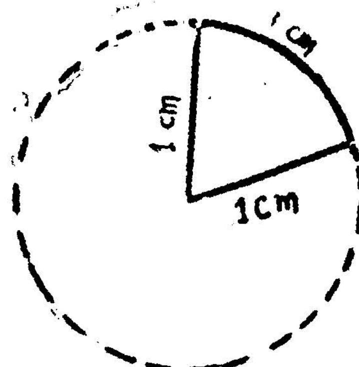
மின்சார இயலைக் கற்பிக்கும் வரிசை முறையும் வெவ் வேறாகக் கொள்ளப்பட்டு வருகிறது. எனினும் **மின்சார நிலைப் பியல்** (electro statics), **மின்சார இயக்கவியல்** (electro dynamics), காந்தவூட்டம் பற்றிய **காந்தவியலும், காந்தநிலைப்பியலும்** அதன்பின் **மின்காந்த இயல்** என்ற வரிசை முறையில் அமைப்பது பொருத்தமாக இருக்கும். ஆயினும் சில நடைமுறைப் பயன் களை முன்னிட்டு ''மின்சாரம்'' மின்சாரநிலைப்பியல், மின்சார இயக்கவியல், மின்காந்தஇயல், காந்தநிலைப்பியல் என்ற வரிசை முறையிலும், வேறு வரிசைமுறைகளிலும் கற்பிக்கப் பெற்று வருகின்றது.

மின்சார இயலின் சிறப்புக் கணிசம்-மின்னோட்டம்

SI இல் மின்சார இயலின் சிறப்புக் கணிசமாக மின்னோட்ட மும், அதன் அலகாக ஆம்பியரும் கைக்கொள்ளப் பெற்றுள்ளன. ஏனைய விசையியல் அடிப்படை அலகுகள் மூன்றுடன் இதனை யும் சேர்த்து மின்சார இயலை அளக்கப் பயன்படும் திட்டம் **mksa** அலகுத் திட்டம் என ,வழங்கப்பெறும். ஆம்பியர் என்ற இந்த அலகின் வரலாற்றை அறியலாம்.

மின்னோட்ட அலகு

மின்சார இயலின் முக்கிய மான கணிசமான மின்னோட் டத்துக்கு உரிய அலகு, தொடக் கத்தில் **மின்னோட்ட அலகு** என்றே குறிக்கப்பட்டு வந்தது. cgsமின்காந்தத் திட்டத்தில்''ஒரு சென்டிமீட்டர் ஆரமுள்ள வட் டப் பரிதியின் வில்லாக வளைக் கப்பட்ட ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள கடத்தி அவ்வட்ட மையத்தில் ஓர் எர்ஸ்டெட் காந்தப்புலத்தை உண்டாக்கும் போது, கடத்தியில் பாயும் மின்னோட்டத்தை ஒரு **மின் காந்த மின்னோட்ட அலகு** எனவரையறுத்தனர்.



படம் 83. மின்காந்த மின்னோட்ட அலகு

மின்னிலைப்பியல் திட்டத்தில் ''ஒரு மின்னிலைப்பியல் மின்னூட்டம் பாயும் மேனி (rate) ஒரு **மின்னிலைப்பியல் மின்னோட்ட அலகு** என வரையறுக்கப் பெற்றது.

மின்னோட்டத்துக்கான மின்காந்த அலகு பெரியதாகவும் (= 10A), மின்னிலைப்பியல் அலகு மிகமிகச் சிறியதாகவும் ($1/3\times10^9$—A) இருந்ததால், நடைமுறையில் பயன்படத்தக்க மின்னோட்ட அலகு இன்றியமையாததாய் இருந்தது. இந்த நடைமுறையலகு, மேற்கண்ட மின்காந்த அலகின் பத்தின் மடங்காக அமைய வேண்டும் என்று 1861 இல் வயவர் சார்லசு பிரைட் லேட்டிமர் கிளார்க் என்ற இருவர் பரிந்துரைத்து 0.1 மின்காந்த மின்னோட்ட அலகு = 1 நடைமுறை மின்னோட்ட அலகு எனக் கொண்டனர். மேலும் இந்த அலகுக்குத் தனிப்பெயர் தேவையெனக் கருதி 'கால்வட்' (galvat) என்ற புதுப் பெயரையும் சூட்டினர். எனினும் கால்வட் பழக்கத்துக்கு வரவில்லை. மாறாக, சார்பிலா அலகுத் திட்டத்தை உருவாக்கியவருள் ஒருவரான வீபர் (W. E. Weber 1804—1891) பெயரில் மின்னோட்டத்தின் நடைமுறையலகு **வீபர்** எனக் குறிக்கப்பட்டு வந்தது. இதனையே பிரித்தானிய மன்றத்தின் 1881-ஆம் ஆண்டுக் கூட்டமும் உறுதி செய்தது. எனினும் 1881-க்கு முன்னரே சில பிரித்தானிய ஆசிரியர்கள் மின்னோட்ட நடைமுறையலகுக்கு **ஆம்பியர்** என்ற பெயரைப் பயன்படுத்தியுள்ளனர்.

அதே 1881-ஆம் ஆண்டில் பாரிசில் கூடிய அனைத்துநாட்டு மின்னுணுக்கக் குழு (IEC) வின் முதல் கூட்டத்தில் மின்னோட்ட அலகின் பெயர் பிரான்சு நாட்டு அறிஞர் A.M. ஆம்பியர் என ஒப்புக்கொள்ளப் பெற்றது.

நடைமுறையலகு ஆம்பியர் என வரையறுக்கப்பட்டு விட்டதால், சார்பிலா அலகுத் திட்ட மின்னோட்ட அலகுகள் இதன் வழியில் வரையறுக்கப்பெற்றுப் பெயரிடப்பெற்றன. மின்னிலைப்பியல் மின்னோட்ட அலகு. 'சார்பிலா மின்னிலைப்பியல் ஆம்பியர்' (absolute electrostatic ampere) என வழங்கப்பட்டது. பின்னர் நிலை ஆம்பியர் (statampere) எனச் சுருக்கப்பட்டது. இது B ஆம்பியர் எனவும் குறிக்கப்படுகிறது.

1 நிலை ஆம்பியர் = $\frac{1}{3}\times10^{-9}$ சாரா ஆம்பியர் = $\frac{1}{3}\times10^{-8}$ ஆம்பியர்

இங்ஙனமே மின்காந்தவியல் மின்னோட்ட அலகு, 'சார்பிலா மின்காந்தவியல் ஆம்பியர்' (absolute electromagnetic ampere)

என்பது சுருக்கப்பட்டு **சார்பிலா ஆம்பியர்** அல்லது **சாரா ஆம்பியர்** (1 abampere) ஆயிற்று. சாரா ஆம்பியர் α-ஆம்பியர் எனவும் வழங்கப்படும்.

1 சாரா ஆம்பியர் = 10 ஆம்பியர்

ஆம்பியரின் வரையறை

மின்காந்த மின்னோட்ட அலகான சாராஆம்பியரின் வரை யறையில் இருந்து, ஆம்பியரின் படித்தரத்தைப் பெறுவது எளி தாக யில்லை. எனவே எங்கும் எளிதாக மீட்டுருவாக்கத்தக்க ஆம்பியர் வரையறை மிகவும் தேவையாயிற்று.

ராலே (Rayleigh), சித்ஃவிக் (Sidgwick) என்ற இருவர் இரு இணையான கடத்திகளை வெள்ளிவோல்ட்டாமானிகளுடன் தொடராக இணைத்து, மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சினர். தொடர்ந்த செய்முறைகளின்பின், 1 மின்காந்த அலகு (=10A) மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சும்போது ஒரு நொடியில் 11.1794mg வெள்ளி படிகிறது என எடுத்துக் கூறினர். அத்துடன் அதே மின்னோட்டப் பாய்வின்போது சுருள்களுக்கு இடையிலான **விசையும்** "மின்னோட்டத்துலை" (current balance) யால் அளந்தனர்.

இவ்வழியில், 1908 இல் இலண்டனில் நடைபெற்ற பன்னாட்டு மாநாட்டில், "ஓர் ஆம்பியர் என்பது மின்பகுப்பால் (electrolysis*) வெள்ளி நைட்ரேட்டுக் கரைசலில் ஒரு நொடியில் 0·001 118,000கிராம் (=1.11800mg) வெள்ளிப்படிவை ஏற்படுத்து கின்ற மாறாத மின்னோட்டம் ஆகும், என வரையறுக்கப் பட்டது. இந்த ஆம்பியர் **பன்னாட்டுஆம்பியர்** ((international ampere†) எனப்பட்டது.

பின்னர் சார்பிலா நடைமுறையலகுக்கும், இந்தப் பன் னாட்டு ஆம்பியருக்கும் சிறு வேறுபாடு இருப்பது புலப்பட்டது.

1 பன்னாட்டு ஆம்பியர் = 0.999 85 சார்பிலா நடைமுறை ஆம்பியர் எனினும் 1948 வரை இந்தப் பன்னாட்டு ஆம்பியரே வழக்கத்தில் இருந்தது.

*electrolysis = Gk. elektro(n) + lysis (=loosening) தமிழ். இளகு→ Latin. laxus, Gk. lysis, E. lax எனவே electrolysis-ஐ மின்னிளக்கம் என்று கூடக் கூறலாம்.

†இது அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்ட SI ஆம்பியர் அல்ல. 1 பன்னாட்டு ஆம்பியர் 0.999 85 SI ஆம்பியர்

SI-இல் ஆம்பியர் வரையறை

ராலேயும் சித்ஃவிக்கும் அளந்த விசை ஆம்பியரை வரை யறுக்க வாய்ப்பாகப் பயன்பட்டது. இதன் வழியில், 1948இல் கூடிய 9 ஆம் அளவீட்டுப் பொதுமாநாடு ''வெற்றிடத்தில் ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் இருக்கும் மிக நுணுகிய முகப்பரப்பும், ஈறற்ற நீளமும் உள்ள இணையான கடத்திகளுக்கு இடையே கடத்தியின் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் 2×10^{-7} நியூட்டன் விசையை ஏற்படுத்த அக்கடத்திகளில் பாயும் மாறாத மின்னோட்டம் ஓர் ஆம்பியர் என வரையறுத்தது.

SI-வரையறையின் சிறப்புக்கூறுகள்

(1) மின்னோட்ட அலகு, ஏல்கனவே வரையறுத்த விசை யின் அலகான நியூட்டன்-ஆல் வரையறுக்கப்படுகிறது.

(2) கடத்திகளின் முகப்பரப்பு (தடிமம்) கருதக்கூடிய அளவுள்ளது எனின், முகப்பரப்பு முழுக்க மின்சாரம் பாயும். கடத்திகளுக்கு இடையிலான தொலைவை நுட்பமாகக்கொள்ள இயலாது. கடத்திகளின் முகப்பரப்பு நுணுகியதானமையால் அவற்றுக்கு இடையிலான தொலைவை 1 மீட்டர் எனத் துல்லியமாக இருத்த இயன்றது.

(3) நடைமுறைத் தேவைகளுக்கு, இந்தக் கடத்திகளைக் காற்றில் இருத்தி அளந்தாலும் பெரிய வேறுபாடு வரப்போவ தில்லை. எனினும் ஊடகத்தைதைப் பொறுத்து விசை மாறு படக்கூடும் ஆதலால் கடத்திகள் வெற்றிடத்தில் வைக்கப் பட்டுள்ளன.

(4) கடத்திகள் ஈறற்ற நீளம் உடையனவாக இருந்தால் தான், அவற்றுக்கான காந்தப்புலமும், கடத்திகளின் மீதான விசையும் சீராக அமையும்.

(5) மின்னிளக்க (electrolysis) முறையைக் கொண்டு மின்னோட்டத்தை வரையறுப்பதைவிட, காந்தப்புலவிளைவால் வறையறுப்பதே தக்கது.

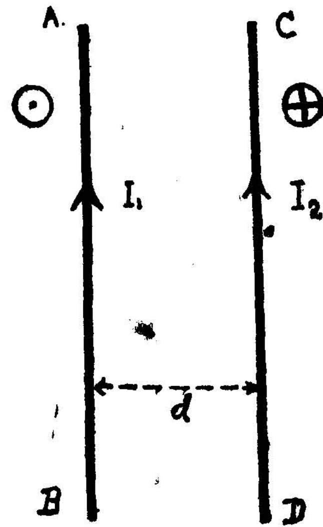
(9) ஏற்கனவே நடைமுறையில் இருந்த ஆம்பியர் அலகின் எண்மதிப்பில் மாறுபாடு ஏற்படாதவாறு கைக்கொள்வதற்காக, ஓரலகுநீளக் கடத்தியின் மீதான விசையின் மதிப்பை 2×10^{-7} எனக் கொண்டுள்ளோம் இதற்கான விளக்கமாவது ;

2×10^{-7} ஏன் ?

பொதுவாக அலகுகளுக்கான வரையறைகளில் மாறிலி 1 ஆகக் கைக்கொள்ளப்பெற்று வருகிறது. ஆனால் ஆம்பியருக்கான இந்த வரையறையில் வேறொரு மாறிலி ஏன் இடம்பெற வேண்டும்? அதுவும் 2×10^{-7} ஆக ஏன் இருக்கவேண்டும் என்ற வினா எழும்புதல் இயல்பே.

வழக்கத்தில் உள்ள நடைமுறையலகின் மதிப்பை மாற்றுவதால், அறிவியல், கருவியியல், தொழிலியல் போன்றவற்றில் அளவீட்டுக் குழப்பம் உண்டாகி விடக் கூடுமல்லவா? எனவே, ஏற்கனவே வழங்கிவந்த நடைமுறை ஆம்பியரை மாற்றாமல் நமது புது அலகுத் திட்டத்திலும் கைக்கொள்ள வேண்டும் என்பதால் — அஃதாவது mks மின்னோட்ட அலகை நடைமுறை மின்னோட்ட அலகு ஆகவே கொள்ளவேண்டிய திருப்பதால்—இந்த மாறிலி இடம் பெறுகிறது. இந்த விசைமதிப்பு வருமாற்றை அறியலாம்:

AB, CD என்பன நுண்ணிய முகப்பரப்பும் ஈறற்ற நீளமும் கொண்ட இரு கடத்திகள். இவை வெற்றிடத்தில் r தொலைவில் உள்ளன. ABயில் மின்னோட்டம் I_1; CDயில் I_2 என்க.



AB, CD கடத்திகள்
d இடைத்தொலைவு
I_1, I_2 மின்னோட்டங்கள்

படம் 84. ஆம்பியர் வரையறை

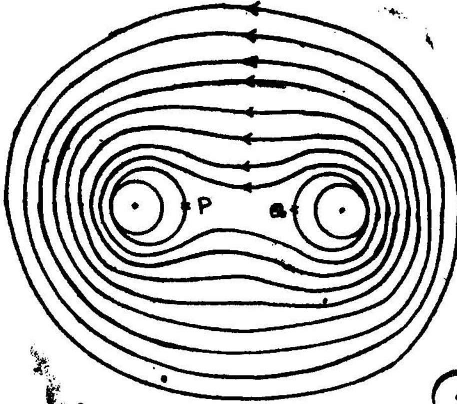
ABயில் பாயும் மின்னோட்டம் r தொலைவில் உருவாக்கும் காந்தப்பாயம்

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{I_1}{r}$$

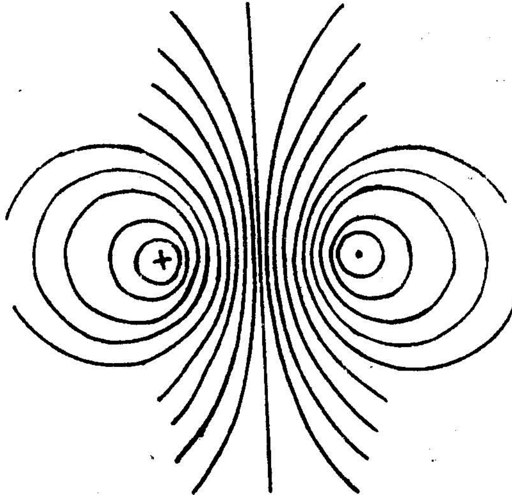
இந்தப் பாயத்தில் I_2 மின்னோட்டம் பாயும் CD என்ற மற்றொரு கடத்தி உள்ளது. இக் கடத்தியின் ஒரு மீட்டர் நீளத்தின் மீதான விசை

$$F_e = B \times I_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{I_1 I_2}{r}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ Hm^{-1} = 4\pi \times 10^{-7}\ N\ A^{-2}$ என அறிவோம். $r = 1$ மீட்டர். எனவே $I_1 = I_2 = 1A$ என இருக்க வேண்டு மானால்



படம் 85. ஒருதிசை மின்னோட்டத்தின் புலவிசை



படம் 86. எதிர்த்திசைப் புலவிசை

$$F_e = \frac{4\pi \times 10^{-7} NA^{-2}}{2\pi} \times \frac{1A \times 1A}{1m}$$

அல்லது கடத்தியின் ஒரு மீட்டர் நீளத்தின் மீதான விசை

$$F_e = 2\pi \times 10^{-7} Nm^{-1}$$

அல்லது கடத்தியின் மீதான விசை

$$F = 2\pi \times 10^{-7} N$$

எனவே தான் 2×10^{-7} என்ற எண் இடம்பெறுகிறது.

ஆம்பியர் என்ற இந்த அடிப்படையலகு காந்த மாறிலி μ_0-யால் வரையறுக்கப்படுகிறது என்பது புலனாகும். எனவே மின்சார இயலின் அடிப்படை அலகு ஆம்பியர் என்றாலும் அதன் அடிப்படைக் கொள்கை (basic concept) காந்தமாறிலி—μ_0 தான்

12. 1. மின்சார இயல் கணிசங்கள்
Electrical Quantities

மின்சார இயல் கணிசங்களின் பல்வேறு திட்ட அலகுகளை அறிவதற்கு முன்பாக, மின்சாரக் கணிசங்கள், அவற்றின் வரையறைகள், அவற்றுக்கான SI அலகுகள் முதலானவற்றைச் சுருக்கமாக அறிந்துகொண்டு அதன்பின் ஒவ்வொரு அலகுத் திட்டத்தையும் ஆராய்வது எளிமையாய் இருக்கும்.

12.1.1. மின்னூட்டம் (electric charge-Q)

அறிவியல், மின்னூட்டத்தின் இயல்பைப் பற்றிய விளக்கத்தைத் தர இயலாவிடினும், மின்னூட்டமுற்ற பொருள்களின் பண்புகளைப் பற்றிய விளக்கத்தை மிகுதியாய்த் தந்துள்ளது. இயல்பான ஓர் அணுவில் மின்னிகளின் எண்ணிக்கை மிகுந்தால் அந்த அணு எதிர்மின்னூட்டம் (negative charge) உடையது என்றும், குறைந்தால் நேர்மின்னூட்டம் (positive charge) உடையது என்றும் கூறுகிறோம். மின்னிகள் (electrons), அயன அணுக்கள் (ionised atoms) முதலான துகள்கள் மின்னூட்டத்தை ஏற்றுச் செல்லவல்லன.

இந்த மின்னூட்டம் மின்சார அளவியலின் அடிப்படைக் கருத்தாக விளங்குகிறது. இதன் அலகு SI இல் அதன் அடிப் படை அலகான ஆம்பியரால் வரையறுக்கப்படும். அஃதாவது மின்னூட்டத்தின் அலகான கூலும் (coulomb) ஓரலகு நேரத்தில் பாயும் மின்னோட்டத்தால் அளக்கப்பெறும்.

மின்னூட்டம் Q= மின்னோட்டம் I × காலம் t
SI இல்: கூலும் C= ஆம்பியர் A × நொடி s<As>
இதன் SI பரிமாணம் [Q] = I T

பிரெஞ்சு அறிஞரான C.A. கூலும் (C. A. Coulomb 1736—1806) பெயரில் ஆன இந்த அலகு *1881* இல் பாரிசில் கூடிய முதல் அனைத்து நாட்டு மின்னுணுக்க மாநாட்டில் (IEC) மின்னூட்ட அலகாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

12.1.2. மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி (Surface density of charge—σ)

ஓரலகுப் பரப்பின் மின்னூட்டம் பரப்படர்த்தி ஆகும்.

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

$[Q] = IT$; $[A] = L^2$ எனவே இதன் பரிமாணம் $[\sigma] = L^{-2}\,TI$
அலகு $\langle\sigma\rangle$ = கூலும் / மீட்டர்^{2} = cm^{-2}

12.1.3. மின்னூட்டப் பருமடர்த்தி (Volume density of charge-ρ)

ஒரு பொருளின் மொத்த மின்னூட்டத்தை அதன் பருமத்தால் வகுக்கக் கிடைப்பது மின்னூட்டப் பரும அடர்த்தி ஆகும்.

$$\rho = \frac{Q}{V}$$

$[Q] = IT$; $[V] = L^3$; எனவே $[\rho] = L^{-3}\,TI$
இதன் அலகு $\langle\rho\rangle$ = கூலும் / மீட்டர்^{3} = cm^{-3}

12. 1. 4. மின்னிலைப்பச் சுற்று (electrostatic circuit)

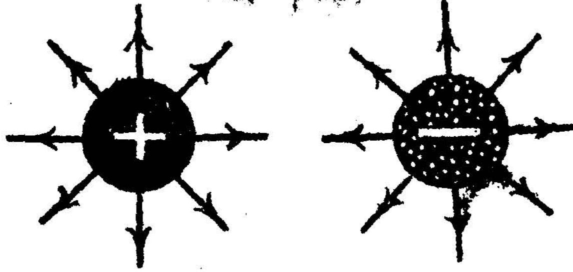
ஆற்றலை அளித்தவுடன் மின்னூட்டங்கள் பரவி, நகர்ந்து இருந்து கொண்டு, மின்னோட்டம் எதுவும் ஏற்படாமல் இருக்கும் பொருள்களின் தொகுப்பை மின்னிலைப்பச் சுற்று எனலாம்.

இதற்கு ஓர் எடுத்துக் காட்டைக் கருதலாம்: தனி மின்னூட்டம் ஒன்றில் இருந்து மின்சாரப் பரவலுக்கான புலவிசைக் கோடுகள் கிளம்பிச் செல்வதாகவும், எதிர்மின்னூட்டத்துக்குப் புலவிசைக் கோடுகள் வந்து சேர்வதாகவும் கருதுகிறோம். எதிர் மின்னூட்டங்கள் இரண்டு உள்ள ஓர் அமைப்பினை எடுத்துக் கொள்வோம். நேர் மின்னூட்டத்தில் இருந்து கிளம்பும் புலவிசைக் கோடுகள் எதிர் மின்னூட்டத்துக்கு வந்து

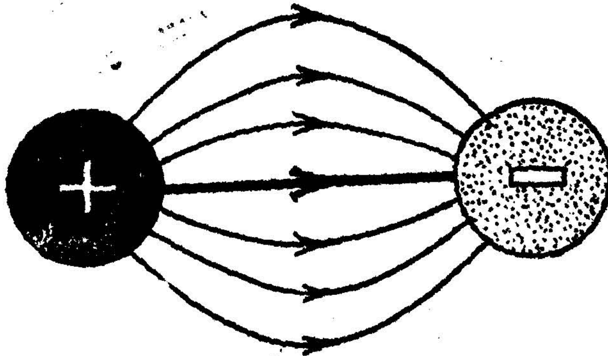
சேர்கின்றன. (இது காந்தத்தின் வடமுனையில் இருந்து புலவிசைக் கோடுகள் தென்முனைக்குச் செல்வதை ஒத்தது.) ஓர் அமைப்பில் இருந்து கிளம்பி (பரவி) மீண்டும் அதே அமைப்புக்கு வந்து சேரும் வகையிலான புலவிசைக்கோடுகள் ஒரு சுற்றை நிறைவு செய்கின்றன. இதனை மின்னிலைப்பச் சுற்று எனலாம்.

12.1.5. மின்புலம் (Electric Field)

ஒரு மின்னூட்டத்தைச் சுற்றிலும் 'விசைக்கோடு'கள் பரவியிருப்பதைக் கற்பனை செய்யலாம். இந்த விசைக்கோடுகள் 'உள்ள' புலம் மின்புலம் எனப்படும். அல்லது ஒரு மின்னூட்டத்தின் விளைவை உணர்த்தக் கூடிய புலத்தை மின்புலம் எனலாம்.



படம் 87. தனி மின்னூட்டங்கள்



மின் புலம்
எதிர் புள்ளிமின் ஊட்டங்கள்

படம் 88. எதிர்ப்புள்ளி மின்னூட்டங்கள்

12.1.6. மின்புலவலிமை (electric field strength — E)

ஓரலகு ஒற்றை நேர்மின்னூட்டம் ஒரு மின்புலத்தில் பெறும் விசை, மின்புலவலிமை எனப்படும்.

$$\text{மின் புலவலிமை } E = \frac{\text{விசை } E}{\text{மின்னூட்டம் } Q} = \left\langle \frac{N}{C} \right\rangle$$

இதன் பரிமானம் $[E] = MLT^{-2}(IT)^{-1} = LMT^{-3}I^{-1}$

இதன் அலகு $\langle E \rangle$ = வோல்ட் / மீட்டர் = Vm^{-1}

மின்புல வலிமையை, மின்னியக்கு விசை / நீளம் என்பதாலும் அறியலாம் இவ்வடிப்படையில்தான் இந்த அலகு வரையறுக்கப்படுகிறது. இது வோல்ட் / மீட்டர் Vm^{-1} என்றாகின்றது.

12.1.7. மின்சாரப்பாயம் (electric flux-ψ)

மின்புலவிசைக் கோடுகள் ஆற்றல் பாய்வை ஏற்படுத்துகின்றன. ஓரலகு மின்னூட்டத்துக்கான பாயம், மின்பாயத்தின் அலகாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இதன் அலகு, $\langle \psi \rangle$ = கூலும், பரிமானம் $[\psi] = IT$

12.1.8. மின்பாய அடர்த்தி* அல்லது மின்சார இடப்பெயர்ச்சி (electric flux density or electric displacement—D)

மின்பாயத்தைப் பாயும் பரப்பால் வகுக்கக் கிடைப்பது மின்பாய அடர்த்தி. இது, மின்சார இடப்பெயர்ச்சி என்றும் கூறப்படும்.

$$\text{மின்பாய அடர்த்தி } D = \frac{\text{மின்பாயம் } \psi}{\text{பரப்பு } A}$$

எனவே இதன் அலகு $\langle D \rangle = C\,m^{-2}$; பரிமானம் $[D] = L^{-2}TI$

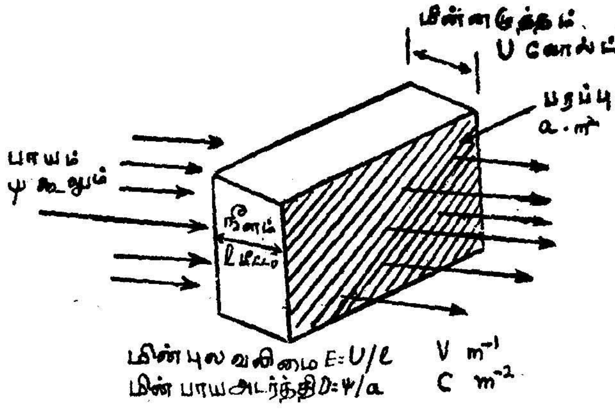
மின்பாய அடர்த்தி, காந்தப்புலத்தின் காந்தப் பாய அடர்த்தியையும் (அலகு $Wb\ m^{-2}$) மின்னியக்கப்புலத்தின் மின்னோட்டச் செறிவையும்

(அலகு $A\ m^{-2}$) ஒத்தது

$$\text{மின்புலவலிமை } E = \frac{V}{\mu} \text{ எனவே } \langle E \rangle = V\ m^{-1}$$

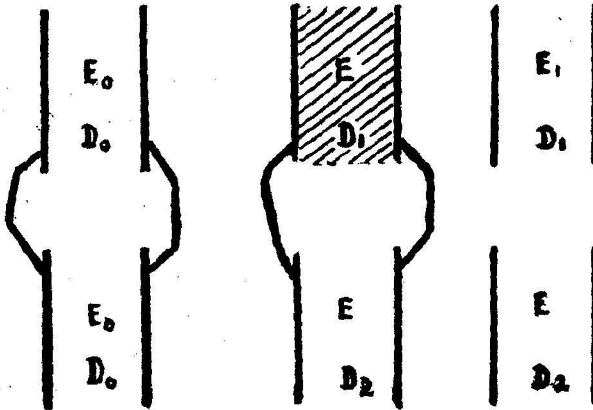
$$\text{மின்பாய அடர்த்தி } D = \frac{\psi}{a};\ \langle D \rangle = Cm^{-2}$$

*12.1.8: D, காந்தக் கிளர்வு அல்லது காந்தக்கிளர்ச்சி என்றே அழைக்கப் படவேண்டும் என்பார் அறிஞர் சாணர்பீல்டு (நூன்முகத்தைக் காண்க).



படம் 89. மின்சார இடப் பெயர்ச்சி

SIஇல் மின்சாரப் பாய அடர்த்தி என்ற இந்த மின்சார இடப் பெயர்ச்சி தான் மிக முக்கியமான கணிசம்; மின்புலவலிமையன்று.



படம் 90 E, D விளக்கம்

மின்சார இடப்பெயர்ச்சி $D = \varepsilon E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E$ இதில் E காந்தப் புல வலிமை; ε இசைவியன்மை (permittivity). ε_r —ஒப்பு இசைவியன்மை. ε_0 சார்பிலா இசைவியன்மை என முன்னர் வழங்கப் பட்டது; தற்போது மின்மாறிலி (electric constant) எனப்படும்;

12.1.9: இசைவியன்மை (permittivity—ε)

மின்சாரப் பாய அடர்த்தியை (D என்ற ஓரலகும் பரப்பில் ஆன விளைவை) மின் புலவலிமையால் (E என்ற ஓரலகு

நீளத்தில் 'ஆன விளையால்) வகுத்தால் இசைவியன்மை கிடைக்கும்.

$$\text{இசைவியன்மை } \varepsilon = \frac{\text{மின்சாரப் பாய அடர்த்தி } D}{\text{மின்புல வலிமை } E}$$

$$\text{எனவே இதன் பரிமானம் } [\;\; = \frac{L^{-2}TI}{LMT^{-3}I^{-1}} = L^{-3}M^{-1}T^{4}I^{2}$$

$$\varepsilon = \frac{D}{E} = \frac{\psi}{a} \times \frac{1}{v} = \frac{\psi}{v} \times \frac{1}{a}$$

இதில் (ψ/v) — ஓரலகு மின்னழுத்தத்துக்கான பாயம்

$<\psi/v>$ = கூலம்/வோல்ட் = பேரட் (கொண்மத்தின் அலகு)

எனவே இசைவியன்மையின் அலகு,

$<\varepsilon>$ = பேரட்/மீட்டர் (Fm^{-1})

இசைவியன்மை ε, வெற்றிட அல்லது சார்பிலா இசைவியன்மை என்ற சார்பிலாக் கணிசத்தையும், ஒப்பு இசைவியன்மை ε_r என்ற வெறும் பரிமானமில்லா எண்ணையும் கொண்டதாகும்.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$$

வெற்றிட இசைவியன்மை ε_0 இக்காலத்தில் மின்சார மாறிலி என்ற பொருத்தமான பெயரால் வழங்கப்பெறும். இதன் மதிப்பு $8.85 \times 10^{-12} Fm^{-1} = 8.85 pFm^{-1}$

ஒப்பு இசைவியன்மையின் மதிப்பு ஒன்றில் இருந்து சில ஆயிரம் வரை மாறுபடக் கூடியது.

காற்று $\varepsilon_r \simeq 1$	போர்சிலையின் $\varepsilon_r = 4\text{-}7$
கண்ணாடி $\varepsilon_r = 4\text{-}10$	டைட்டானியம் ஆக்சைடு $\varepsilon_r = 170$
தாள் $\varepsilon_r = 2\text{-}3$	செராமிக்ஸ் $\varepsilon_r = 5\text{-}4000$

ஒப்பு இசைவியன்மை மின்கடத்தாப் பொருள் மாறிலி (dielectric constant) எனவும் வழங்கப் பெறும்.

12.1.10. மின்கடத்திலியின் முனைவாக்கம் (dielectric polarization—P)

மின்புலத்தில் உள்ள மின்கடத்திலி முனைவாக்கத்துக்கு* உட்படும். அதனால் அதன் பருமத்தில் உள்ள ஒவ்வொரு கூறும்

*12.1.10 மின்கடத்தாப்பொருள் (dielectric) என்பது சுருக்கமாக மின்கடத்திலி எனப்பட்டுள்ளது.

plane polarization தளமுனைவாக்கம். எனவே polarization க்குத் 'முனைவாக்கம்' என்ற சொல் பயன்படுத்தப்படவில்லை.

இருமுனையாகச் செயற்படும். எனவே ஒவ்வொரு கூறும் இருமுனைச் சுழலம் உடையதாகிறது. மின்கடத்திலியின் முனை வாக்கம் என்பது ஓரலகுப் பருமம் உள்ள முனைவாக்கம் உற்ற மின்கடத்திலி பெற்றுள்ள இந்த இருமுனைச் சுழலம்தான். எனவே ஓரலகுப் பருமத்தின் சுழலம்

$$\underset{\simeq}{P} = \frac{\text{மின்சார இருமுனைச் சுழலம் } \underset{\simeq}{P}}{\text{பருமம் V}}$$

எனவே இதன் பரிமாணம் $[\underset{\simeq}{P}] = LTI; L^{-3} = L^{-2}TI$

இதன் அலகு கூலும்/சதுரமீட்டர் $<P> = Cm^{-2}$

இதன் பரிமாணம் மின்பாய அடர்த்தி மின்னூட்டப் பரப் படர்த்தி முதலானவற்றின் பரிமாணங்களுடன் பொருந்து கின்றது.

மின்முனைவாக்கத்தை வேறொரு வகையிலும் வரை யறுக்கலாம்.

$$\underset{\simeq}{P} = \varepsilon_o E$$

இதன் வழியில்

$$[\underset{\simeq}{P}] = [\varepsilon_o]\,[E] = L^{-3}M^{-1}T^4I^2;\ LMT^{-3}I^{-1} = L^{-2}TI$$

மின் கடத்திலி மாறிலி (dielectric constant) எனப்படும் ஒப்பு இசைவியன்மை (relative permittivity-ε_r), மின்கடத்திலி ஏற்புத்திறன் (dielectric susceptibility-x_e) என்ற இரண்டு கணிசங்களும் மின்கடத்திலியின் பண்புகளை வரையறுக்கும்.

12.1.12. மின்கடத்திலியின் ஏற்புத்திறன் (dielectric susceptibility-x_e)

$$x_e = \frac{\text{மின்கடத்திலி முனைவாக்கம், } \underset{\simeq}{P}}{\text{மின்புல வலிமை, } E}$$

இதன் பரிமாணம்,

$$[x_e] = [P]\,[E]^{-1} = L^{-2}TI\,[LMT^{-3}I^{-1}]^{-1}$$

அஃதாவது $[x_e] = L^{-3}M^{-1}T^4I^2$

இதன் அலகு $<x_e>$ = பேரட்/மீட்டர் Fm^{-1}

12.1.11. susceptibility-கட்டபடு (இயன்)மை?

12.1.12. மின்கடத்திலி ஏற்புத்திறனும், ஒப்பு இசைவியன் மையும் (x_e and ε_r):

12.1.11 இல் அறிந்தவாறு,

$$x_e = \frac{P}{E} \text{ அல்லது } P = x_e . E$$

மின்சாரப் பாய அடர்த்தி, $D = \varepsilon_0 E + P$
எனவே $D = \varepsilon_0 E + x_e . E = E(\varepsilon_0 + x_e)$
ஆனால் மின்சாரப் பாய அடர்த்தி $D = \varepsilon E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E$ என அறிவோம். ஏனெனில் $\varepsilon\ \varepsilon_0\ \varepsilon_r$ எனவே

$$E(\varepsilon_0 + x_e) = \varepsilon_0\ \varepsilon_r\ E$$

அல்லது $\varepsilon_r = 1 + \frac{x_e}{\varepsilon_0}$

εr பரிமானமில் மாறிலி; எனவே x_e/ε_0 வும் பரிமானமில்லா மல் தான் இருந்தாக வேண்டும். இதற்கு $[x_e] = [\varepsilon_0]$ வாக இருந் தால் தான் முடியும். எனவே $[x_e] = [\varepsilon_0] = L^{-3}M^{-1}T^4I^2$

அவ்வாறே $<x_e> = <\varepsilon_0>$ = பேரட்/மீட்டர் Fm^{-1}

12.1.13. மின்னாக்கம் (electrization-Ei)

$D = \varepsilon_0 (E + E_i)$ என்ற சமன்பாட்டால் மின்னாக்கம் E_i வரையறுக்கப் பெறும். எனவே

$$E_i = \frac{D}{\varepsilon_0} - E$$

ஆகவே மின்னாக்கத்தின் பரிமானமும் அலகும் மின்புல வலிமையை ஒத்தன:

$[E_i] = LMT^{-3} I^{-1}$; $<E_i> = Vm^{-1}$

12.1.14. மின்னழுத்தம் (electric potential-U)

மின்புலவலிமையை இடப்பெயர்ச்சியினால் பெருக்கினால் மின்னழுத்தம் கிடைக்கும். எனவே இதன் பரிமானம்

$[U] = [E] [L] = LMT^{-3}I^{-1}$. $L = L^2MT^{-3}I^{-1}$

அலகு $<U> = <E> <L>$ = வோல்ட்

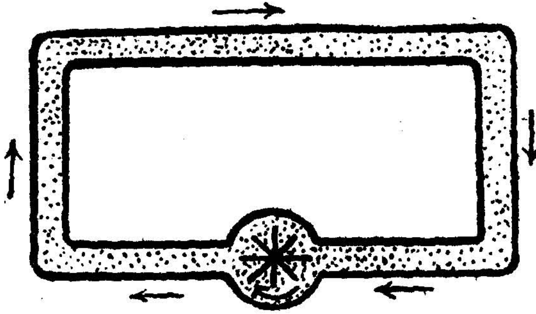
12.1.15. மின்னழுத்த வேறுபாடு (potential difference-v)

உயரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள் அதன் தரைமட்ட நிலையைவிட அதிக ஆற்றலை (= mgh) உடையது. உயரம் மிகுந் தால் ஆற்றல் மிகும். இது வெளிப்படையாகத் தெரியாவிடினும்

அதன் இரு மட்டங்களுக்கு (தரைமட்டமும், உயர்மட்டமும்) இடையே ஆற்றலாய் உள்ளது. இங்ஙனமே மின்னூட்டக் கடத்தி ஒன்றின் இரு புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள ஆற்றல் வேறுபாடு, மின்னழுத்த வேறுபாடு எனப்படும். மின்னழுத்த வேறுபாடு ஓரலகு மின்னூட்டத்துக்கான ஆற்றல் (சௌல்/கூலும் JC^{-1}) என்ற அலகுக்குச் சமமான ''வோல்ட்'' ஆல் அளக்கப்பெறும்; JC^{-1} = வோல்ட்

12.1.16. மின்னியக்குவிசை (electromotive force—E)*

கிணற்றுள் உள்ள தண்ணீரை வயலுக்குப் பாய்ச்ச எப்படி ஆற்றல் தேவைப்படுகிறதோ, அங்ஙனமே மின் சுற்றில் மின்னோட்டப் பாய்வை ஏற்படுத்த ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது.



படம் 91. மின்னியக்கு விசை-ஒப்புமை

இந்த ஆற்றல் தான் மின்னியக்கு விசை. மின்னியக்கு விசை என்று பெயர் பெற்றிருப்பினும் இது ஆற்றல் தான்; விசை அன்று. இந்த ஆற்றல் ஓரலகு மின்னூட்டத்துக்கு அளிக்கப்படும் ஆற்றலால் அளந்தறியப் பெறும். அஃதாவது.

$$E = \frac{\text{வேலை}}{\text{மின்னூட்டம்}}$$

SI இல் ஆற்றலின் அலகு சௌல்; மின்னூட்டத்தின் அலகு கூலும்; எனவே மின்னியக்குவிசையின் அலகு சௌல்/கூலும் (JC^{-1}) எனினும் 'சௌல் / கூலும்' 'வோல்ட்' (V) என்ற தனி அலகுப் பெயரால் குறிக்கப்பெறும்;

$[W] = LMT^{-2}. L$; $[Q] = IT$. எனவே இதன் பரிமாணம் SI இல் $[E] = LMT^{-2} L/IT = L^2MT^{-3}I^{-1}$ $[E] = L^2MT^{-3}I^{-1}$

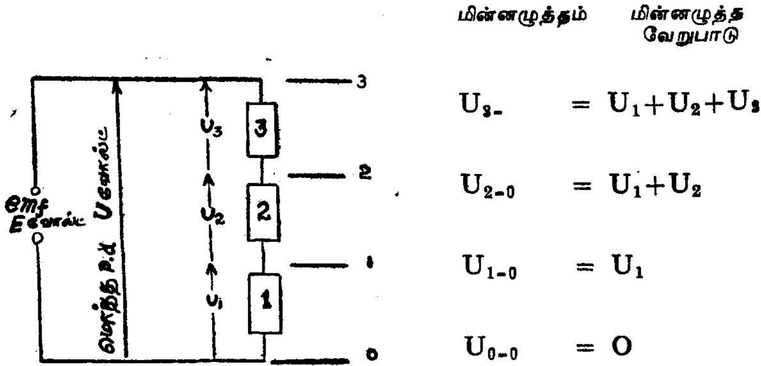
*12.1.16. மின்னியக்குவிசை என்ற பெயரை மின்னியக் காற்றல் என மாற்றலாம். இதன் Sun குறியீடு E எனினும் மின்புலம் E யுடன் மயக்கத்தைத் தவிர்க்க W_e, U_e என்ற குறியீடுகளைக் கையாளலாம்.

12.1.17. மின்னியக்குவிசையும் மின்னழுத்த வேறுபாடும்

மின்னியக்குவிசையின் அலகும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலகும் வோல்ட் தான். எனினும் இந்த இரு கணிசங்களுக்கு இடையிலான வேறுபாட்டைக் கீழ்க்கண்ட படம் தெளிவாகப் புலப்படுத்தும்.

படத்தில் கண்டவாறு, மூன்று கடத்திகள் (1,2,3,) வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது, முதல் கடத்திக்கு இடையிலான மின்னழுத்தம் U_1 அல்லது U_{1-0}; முதல் இரு கடத்திகளுக்கு இடையிலானது U_2 அல்லது U_{2-0}; மூன்று கடத்திகளுக்கும் இடைப்பட்டது U_3 அல்லது U_{3-0} மொத்த மின்னழுத்தம் U; இந்த மின்னழுத்தத்தை உருவாக்கும் மின்னியக்கு விசை E எனில்

$$E = U = U_{3-0} = U_1+U_2+U_3$$



படம் 92. மின்னழுத்தம் மின்னியக்குவிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$E = U = U_3 - U_0 = U_1+U_2+U_3$$
$$U_3 - U_2 = U_{3-0} - U_{2-0} = U_1+U_2+U_3-(U_1+U_2) = U_3$$

மின்சார ஆற்றல் மூலம் (எ-டு மின்சேமக்கலம்) மின்னூட்டக் கடத்திக்கு அளிக்கும் ஆற்றல் மின்னியக்கு விசை என்றும், மின் சுற்றில் ஏதேனும் இரு புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட ஆற்றல் மட்ட வேறுபாடு மின்னழுத்த வேறுபாடு என்றும் குறிக்கப்பெறும். சுருக்கமாக, மின்னாற்றல் மூலத்தின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மின்னியக்குவிசை எனலாம்.

இவற்றின் அலகான வோல்ட் என்பது, "மாறாத மின்னோட்டம் உள்ள ஒரு கடத்தியின் இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே ஒரு வாட் ஆற்றல் வெளியிடப்படும்போது அந்த இரு புள்ளி

களுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு வோல்ட்'' என வரையறுக்கப்படுகிறது.

$$\text{மின்னழுத்த வேறுபாடு} = \frac{\text{திறன்}}{\text{மின்னோட்டம்}}$$

$$= \text{மின்னோட்டம்} \times \text{மின்தடை}$$

'வோல்ட்' என்ற அலகுப்பெயர் : மின்னழுத்த வேறுபாட்டுக்கு, பதின அலகுப்படியான ஒரு வரையறையை *1861*இல் வயவர் சார்லசு பிரைட், லேட்டிமர் கிளார்க் என்ற இருவர் பரிந்துரைத்து, அதன் அலகு தேனியல் மின்கலத்தின் (Daniel cell) பத்து மடங்காக (*10*Ω) அமைய வேண்டும் என்றும் தெரிவித்தனர். அப்போது இதற்கு ஓமா (ohma) என்ற பெயரையும் பரிந்துரைத்தனர். பின்னர் இத்தாலிய அறிஞரான அல்லசாண்ட்ரா வோல்ட்டா (Allesandero Volta *1745—1827*) வின் நினைவாக வோல்ட் என்ற பெயர் சூட்டப்பட்டது. *1881*-ல் கூடிய முதல் மின்னுணுக்கக் குழுவில் (IEC) இது ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது.

12.1.18. காந்தவியல் அலகுகள் (Magnetic units)

12.1.18. மின்னோட்டம் (elctric current—*I*)

மின்னூட்டத்தின் நகர்வு—அஃதாவது பாய்வுமேனி (rate of flow of charge) மின்னோட்டம் எனப்பெறும். மின்னூட்ட நகர்வு காந்தப் புலத்தை உருவாக்குகிறது.

$$\text{மின்னோட்டம் } I = \frac{\text{மின்னூட்டம்}Q}{\text{நேரம் } t} ; \; I = \frac{Q}{t}$$

SI-இல் மின்னோட்டம் **அடிப்படை கணிசம்** ஆகக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இதன் அலகு **ஆம்பியர்** (A) இதற்கான பரிமானம் [I] இதன் வரையறையும் விளக்கமும் 12-ஆம் அதிகாரத் தொடக்கப் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

எளிமைக்காக, ஒரு நொடியில் ஒரு கூலும் மின்னூட்ட பாய்வின் மின்னோட்டம் ஓர் ஆம்பியர் எனலாம். எனவே இவ்வடிப்படையில் காணும்போது $A = cs^{-1}$ எனக் கொள்ளலாகும்.

12.1.19. மின்னோட்ட அடர்த்தி (current density)

மின்னோட்டத்தை, அது பாயும் கடத்தியின் முகப்பரப்பால் வகுக்கக்கிடைப்பது மின்னோட்ட அடர்த்தி.

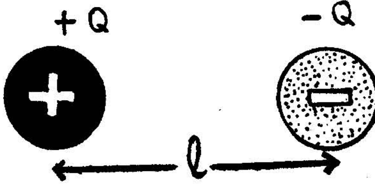
$$\underset{\approx}{j} = \frac{I}{A}$$

இதன் பரிமாணமும் அலகும் முறையே

$$[j] = L^{-2}I \; ; \; <\underset{\approx}{j}> = Am^{-2}$$

12.1.20. மின்சார இருமுனைச் சுழலம் அல்லது மின்சார இருமுனைத் திருப்புதிறம் (elcetric dipole moment—$\underset{\approx}{\rho e}$)

சம எதிர் மின்னூட்டங்கள் சிறிது இடைவெளியில் இருக்கும் அமைப்பு இருமுனையமைப்பு எனப்படும். இவற்றில் ஒரு மின்னூட்டத்தை இடைத் தொலைவால் (l) பெருக்கினால் மின்சார இருமுனைச் சுழலம் கிடைக்கும்.



படம் 93. மின்சார இருமுனைச் சுழலம்

$$\underset{\approx}{Pe} = a \times l$$

எனவே இதன் பரிமாணம்

$$[Pe] = L\,T\;\;I$$

இதன் அலகு கூலும் மீட்டர் $<P> = Cm$

மின்புலத்தில் உள்ள இந்த மின்சார இருமுனைச் சுழலத்துக்குச் சமம் ஆன விசையின் சுழலத்தைக் கருதுவோம்.

விசையின் சுழலம் $[Pf\;] = L^2MT^{-2}\;(= FL)$

மின்புலத்தில் இதன் சமச்சுழலம்

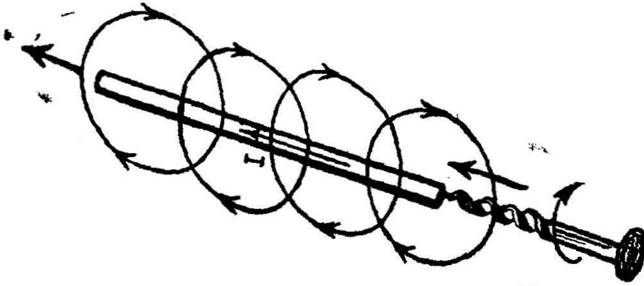
$$[Pf\;] = [Pe\;E] = LTI;\;\; LMT^{-3}\,I^{-1} = L^{-2}MT^{-2}$$

எனவே மின்புலச்சுழலமும், சமவிசையின் சுழலமும் ஒரே பரிமானத்துடன் விளங்கி ஒரியன்மையுடையதாய் உள்ளது. (இது மின்னிலைப்பியலைச் சார்ந்தது)

2.1.21. காந்தப்புலம்(magnetic field)

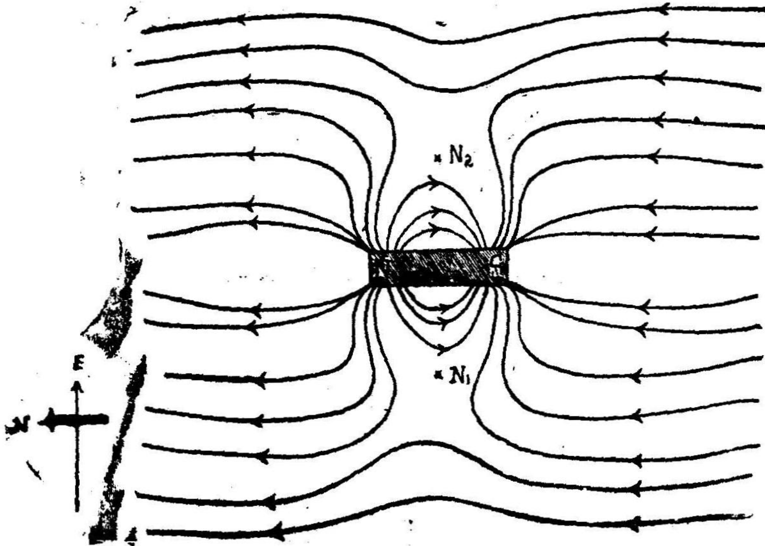
மின்னோட்டம் பாயும் கடத்தியைச் சுற்றிலும் ஒரு காந்தப் புலம் ஏற்படுகிறது. மின்னோட்டத்தின் திசையைத் தக்கைத் திருகு செல்லும் திசையுடன் ஒப்பிட்டால், காந்தப் புலத்தின் திசை திருகின் கைப்பிடி சுழலும் திசையாய் இருக்கும்.

கடத்தி நீளவாக்கில் இருந்தால் கடத்தியைச் சுற்றிலும் வட்டவடிவப் புலமும், வட்டவடிவில் இருந்தால் வளைவுக்குள் நேரான சீர்ப்புலமும் ஏற்படும் (காண்க படம் 112, 113 (12.5.6)



படம் 94. தக்கைத் திருகு நெறி

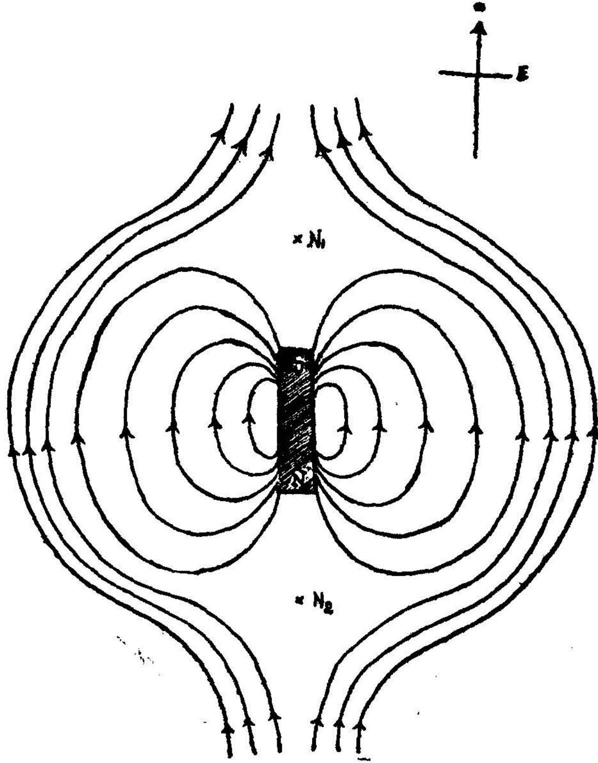
வெறும் காந்தத் துண்டும் அதனைச் சுற்றிலும் ஒரு காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்தும், காந்த விசைக் கோடுகளை (lines of force) படங்களில் காட்டப்பட்டுள்ளன.



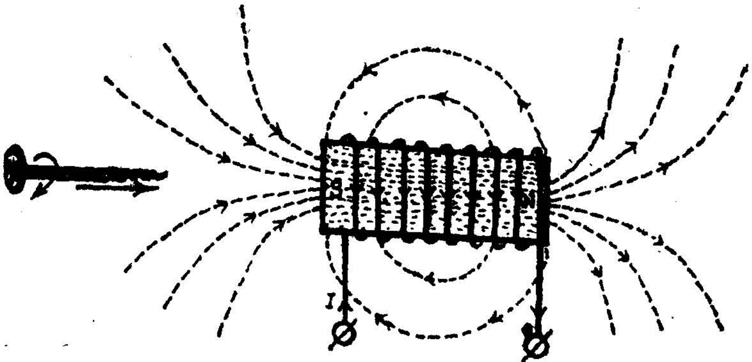
படம் 95. நிலைக்காந்தப் புலம்→N

12.1.22. காந்தப்பாயம் (magnetic flux—ϕ)

மின்னூட்டத்தைப் போன்றே காந்தப் பாயமும் வரையறுக்க இயலாத ஒன்று. இதுவும், இதன் விளைவுகளால் உணரப்பட்டு விளைவுகளாலே அளக்கப்பட்டு விளைவுகளா



படம் 96. நிலைக்காந்தப்புலம்→S



படம் 97. தூண்டு காந்தப்புலம்

லேயே அலகு வரையறுக்கப்பட்ட ஒரு கணிசம் ஆகும். காந்தப் பாயம் என்பது மின்னோட்டத்தைப் போல் இயங்கக் கூடியது அல்ல; இருந்தது இருந்தபடியே இருப்பது. காந்தப் பொருளைச் சுற்றிலும் உள்ள காந்தத் தகைவு அல்லது அழுத்தம் (stress) என ஒருவாறு கூறலாம்.

காந்தப்பாயம் = மின்னழுத்த வேறுபாடு × நேரம் என்ற வாய்பாட்டால் அறியப்பெறும். எனவே இதன் அலகு $<\phi> =$ வோல்ட் நொடி. வோல்ட் நொடி வீபர் என்ற தனிப்பெயரால் குறிக்கப்பட்டது.

சார்பிலா அலகுத் திட்டத்தைப் பரிந்துரைத்தவருள் ஒருவர் வீபர் (W.E. Weber *1804-1891*) பிரித்தானிய மன்றத்தின் *1882* ஆம் ஆண்டுக் கூட்டத்தில் C.W. சீமென்ஸ் நிகழ்த்திய தலைமையுரையில் வீபர் என்ற பெயர் பயன்படுத்தப்பட்டது. இதனை *1895* இல் பிரித்தானிய மன்றமும் *1933*இல் அனைத்து நாட்டு மின்னுணுக்கக் குழுவும் (IEC), பின்னர் *1948* அளவீட்டுப் பொது மாநாடும் (CGPM) ஏற்றுக் கொண்டன.

இந்த அலகின் பரிமானம் $[\phi] = [V]\,[s]\,[L^2MT^{-3}I^{-1}]\,[T]$ அஃதாவது $[\phi] = L^2MT^{-2}I^{-1}$

காந்தப் பாயத்தின் பரிமானத்தை வேறொரு வகையாகவும் வரையறுக்கலாம்.

$$\phi = \frac{f}{Il} \times A$$

$$[\phi] = [LMT^{-2}]\,[IL]^{-1}\,L^2$$

$$= L^2MT^{-2}\,I^{-1}$$

12.1.23. காந்தப் பாய அடர்த்தி (magnetic flux density—$\underset{\sim}{\beta}$) அல்லது காந்தத்தூண்டம் (magnetic induction—$\underset{\sim}{\beta}$)

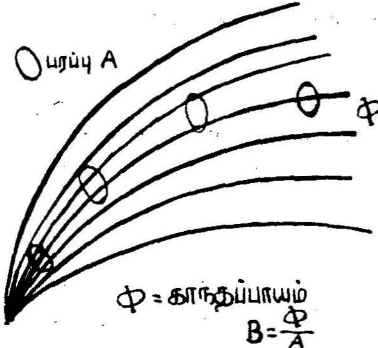
ஓரலகுச் சதுரப் பரப்பில் ஆன காந்தப் பாயம் (அது மின்னோட்டத்தினால் ஆனதாயினும் சரி; காந்தக் கட்டையினால் ஆனதாயினும் சரி), காந்தப் பாய அடர்த்தி எனப்படும். எனவே

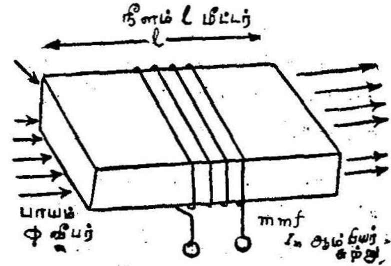
$$\text{பாய அடர்த்தி } \underset{\sim}{\beta} = \frac{\text{காந்தப் பாயம்} \phi}{\text{பரப்பு } a}$$

$$\text{காந்தப் புலவலிமை } H = \frac{F}{l};\ <H> = Atm^{-1}$$

$$\text{காந்தப் பாய அடர்த்தி } B = \frac{\phi}{a};\ <B> = wb\,m^{-2}$$

[ϕ/a] என்ற அலகுக்குப் பரிமானம் $MT^{-2}I^{-1}$ என்பதே. இதன் அலகு <B> = $wb\ m^{-2}$





படம் 98. பாயமும், பாய அடர்த்தியும்-1

படம் 99. பாயமும் பாய அடர்த்தியும்-2.

$Wb\ m^{-2}$ என்ற இந்தக் காந்தப்பாய அடர்த்தி அலகுக்கு குறியீடு, அலகு, பெயரீட்டுக் குழு (sun commission) *1961* இல் **டெஸ்லா** என்ற பெயரைப் பயன்படுத்தியது. புகழ்பெற்ற டெஸ்லா சுருளை, *1892* இல் கண்ட அறிஞர் N. டெஸ்லா (N. Tesla *1857-1943*) வின் பெயரில் ஆன இந்த அலகு 1954 லேயே அனைத்து நாட்டு மின்னுணுக்கக் குழுவால் (IEC) ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது.

காந்தப் பாய அடர்த்திக்கான ஓரிரு வாய்பாடுகளைத் தெரிந்து கொண்டால் காந்தப் பாயத்தையும் காந்தப் பாய அடர்த்தியையும் எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம்.

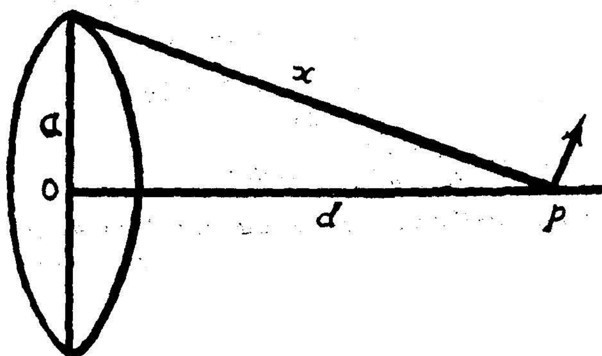
x ஆரம் உள்ள ஒரு வட்ட வடிவக் கம்பிச் சுருளின் வழியாக I மின்னோட்டம் பாயும்போது, கம்பியின் மையத்தின் வழியான குத்தச்சில் d தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் காந்தப் பாய அடர்த்தி

$$\underset{\sim}{B} = \frac{\mu_\circ a^2 I}{2(r^2+d^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_\circ a^2\ I}{2x^3} \text{ டெஸ்லா}$$

இதில் காந்த மாறிலி $\mu_\circ = 4\pi \times 10^{-7}\ Fm^{-1}$; $x = \sqrt{r^2+d^2}$

கம்பிச் சுருள் ஒரு சுற்றுக்குப் பதிலாக N சுற்றுகளுடன் இருந்தால்

$$\underset{=}{\beta} = \frac{\mu_o N a^2 I}{2x^3} \text{ டெஸ்லா}$$



படம் 100. சுருளின் அச்சில் காந்தப்புலம்

12.1.24. காந்தப்புல வலிமை (magnetic field strength-H)*

காந்தப் பாயமும் B, காந்தப்புல வலிமையும் H

$$B = \mu_o \mu r \, H$$

என்ற சமன்பாட்டால் தொடர்புற்றுள்ளன. இதில் μ_o என்பது காந்த மாறிலி (magnetic constant). இது முன்னாளில் சார்பிலாப் புக்கியன்மை (absolute permeability) என்று வழங்கப் பட்டது.

$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ Fm^{-1}; μr அந்தந்த ஊடகத்துக்கான வெறும் பரிமானமில்லா எண்ணியல் மாறிலி. வெற்றிடத்தில் $\mu r = 1$; காற்றில் $\mu r \simeq 1$

$B = \mu_0 \mu r H$ என்பதில் இருந்து,

$$H = \frac{B}{\mu_o \mu r}$$

$$[H] = [MT^{-2}I^{-1}]\,[LMT^{-2}I^{-2}]^{-1} = IL^{-1}$$

எனவே இதன் அலகு <H> = ஆம்பியர்/மீட்டர் Am^{-1} இந்த அலகுக்கு அறிஞர் E. லென்சுவைச் சிறப்பிக்க 'லென்சு' (lenz)

*12.1.24: ''காந்தப்புலம் அல்லது காந்தப்புலவலிமை magnetic field strength என்ற தொடர் (தற்போது காந்தத்தூண்டம் அல்லது காந்தப்பாய அடர்த்தி என்று அழைக்கப்படுகின்ற) திசையுளி B-க்கே பொருந்தும்; H-உக்கு அல்ல. H-ஐக் காந்தக் கிளர்ச்சி magnetic excitation என்றுதான் கூறலாம். எனவே H-ஐக் குறிக்க, காந்தப்புலம் அல்லது காந்தப்புலவலிமை என்ற தொடரைக் கையாள்வது தவிர்க்கப்படவேண்டும்'' என்று கூறுகிறார் அறிஞர் அர்னால்டு சோமர்பீல்டு (see his Elektrodynamik English translation 1964 pp 10, 45)

என்னும் பெயர் பரிந்துரைக்கப்பட்டிருந்தது. காந்தப் புலவலிமையை காந்த இயக்கு விசையில் இருந்தும் தருவிக்கலாம். காந்த இயக்குவிசையைக் காந்தப்புலம் உருவான பொருளின் நீளத்தால் வகுத்தால் காந்தப் புலவிசை கிடைக்கும்.

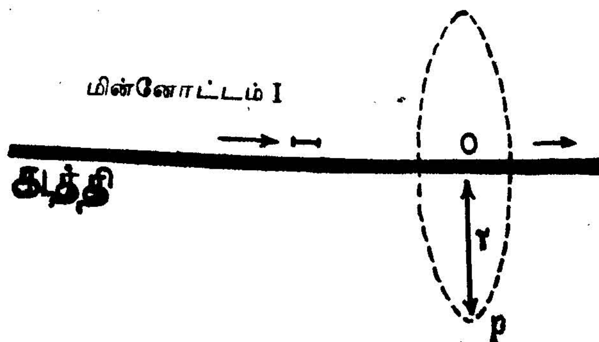
$$\text{காந்தப்புலவிசை, } H = \frac{\text{காந்த இயக்கு விசை } I_m}{\text{நீளம் } l}$$

$$\langle H \rangle = \frac{\text{ஆம்பியர் சுற்று}}{\text{மீட்டர்}} = \text{At m}^{-1}$$

இங்ஙனமே மின்னோட்டம் பாயும் ஒரு நீளக் கடத்தியின் அருகில் (தொலைவு-r) உள்ள புள்ளியில் ஆன புலவலிமை

$$H = \frac{I}{2\pi r} \text{ ஆம்பியர்/மீட்டர்}$$

காந்தப் புலவலிமை, காந்தப்புலச் செறிவு (intensity of magnetic field), காந்தமாக்கு விசை (magnetising force) எனவும் வழங்கப் பெறும்.



படம் 101. கடத்தியின் அருகில் புலவலிமை

12.1.25. உட்புகுதிறம் எனப்படும் புக்கியன்மை* (permeability-μ)

ஓரலகுக் கனச்சதுரத்தின் எதிர்முகப் பரப்புகளுக்கு இடையில் ஆன காந்தப் பாயத்தை உருவாக்கும் ஒரு பொருளின்

* peameability—Latin permeare (per-through; meare-to pass). உள்+புகு+திறம் என்ற மூன்று சொற்களில் புகு என்பது உட்செல்வதைத்தான் குறிக்கும். எனவே புகுதிறம் போதுமானது. அதிலும் திறம் என்பது power, efficiency முதலானவற்றுடன் மயக்கத்துக்கு இடம் அளிக்கும். ஆதலால் 'புக்கியன்மை' விதந்து பரிந்துரைக்கப்படுகிறது. உயர்நிலைப்பள்ளி அறிவியல் நூலில் கையாளப்பட்டுள்ள 'கசிய விடும் தன்மை' என்ற கலைச்சொல் மூன்று சொற்களின் கூட்டு.

காந்தச் சுற்றுக்கான வலிவூட்டத்தின் அளவு புக்கியன்மை எனப் படும்.

$$\text{புக்கியன்மை } \mu = \frac{\text{காந்தப் பாய அடர்த்தி B}}{\text{காந்தப்புலவலிமை H}}$$

மின்னியக்கப் புலத்தில் மின் கடத்துகையை ஒத்தது, காந்தப் புலத்தில் புக்கியன்மை. இதன் அலகு

$$<\mu> = \frac{<B>}{<H>} = \frac{Wb\ m^{-2}}{Am^{-1}} = \frac{Wb\ A^{-1}}{m}$$

$Wb\ A^{-1} = H$ (என்ரி); எனவே $<\mu>\ Hm^{-1}$

$$\mu = \frac{B}{H}$$

$$= \frac{\phi}{a} \times \frac{1}{Im} = \frac{\phi}{Im} \times \frac{1}{a}$$

இதில் ϕ - காந்தப்பாயம் $<wb>$; Im- காந்தஇயக்கு விசை $<A>$; a—பரப்பு $<m^2>$; l-நீளம் $<m>$;

$\phi/Im = \lambda$—புகுமியம் (permeance) எனவே

$$\mu = \lambda \times \frac{l}{a} \text{ அல்லது } \lambda = \mu \frac{a}{l}$$

புக்கியன்மையின் பரிமாணம்

$$[\mu] = L^2MT^{-2}\,I^{-2}L^{-1} = LMT^{-2}I^{-2}$$

ஒரு பொருளின் புக்கியன்மை μ என்பது வெற்றிடத்தில் உள்ள புக்கியன்மை (சார்பிலாப் புக்கியன்மை—அஃதாவது காந்தமாறிலி μ_0) யையும் வெற்றிடப் புக்கியன்மைக்குச் சார்பான அந்தந்தப் பொருளின் ஒப்புப்புக்கியன்மை (relative per meability-μr) யையும் பெருக்கக் கிடைக்கும்:

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

இதில் μr என்பது பரிமாணமில்லா வெறும் எண்ணியல் மாறிலி (ஒப்படர்த்தியைப் போன்ற எண்)

வெற்றிடப் புக்கியன்மை μ_0 தற்போது காந்தமாறிலி (megnetic constant) என வழங்கப் படுகிறது. இதன் மதிப்பு. $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Hm^{-1} = 0.4\pi$ மைக்ரோ என்ரி/மீட்டர்.

ஒப்புப்புக்கியன்மை μ_r-இன் மதிப்பு தான், ஒரு பொருளை டயாகாந்தவப் (diamagnetic பொருளா, பேராக்காந்தவப் (para magnetic)* பொருளா அல்லது அயக்காந்தவப் (ferro magnetic) பொருளா எனப் பகுத்தறிய உதவுகிறது.

டயாக்காந்தவப் பொருள்களின் μ_r ஒன்றுக்குக் கீழாக இருக்கும் ($\mu_r < 1$). இவை அளிக்கப்படும். காந்தப்புலத்திசையில் மிகக்குறைந்த காந்த வாக்கம் உறும். Bi, Sb, Cu, Zn, Hg, Au, Ag போன்ற பொருள்கள் இவ்வகையைச் சாரும்.

பேராக் காந்தவப் பொருள்களின் μ_r ஒன்றுக்குச் சற்று அதிகம். புலத்திசையில் குறைந்த காந்தவாக்கம் உறக்கூடிய இவ்வகையுள், Ae, Pt, O, காற்று, Mn, Cr முதலானவை அடங்கும்.

அயக்காந்தவப் பொருள்கள் மிகுந்த வலிவூட்டத்துடன் காந்தவாக்கம் உறும். இத்தகைய சில பொருள்களின் μ_r ஆவன: இரும்பு $\mu_r = 200\text{-}1000$; சிலிக்கான்-இரும்பு $\mu_r = 600—10000$; பெர்மல்லாய் (78% Ni; 22%Fe) $\mu_r = 100\ 000$ வரை

ஏற்கனவே குறித்ததைப் போல்

$$<\mu_r> = \frac{<\mu>}{<\mu_0>} = \frac{Hm^{-1}}{Hm^{-1}} = \text{வெறும் எண்}$$

12.1.26. காந்த மாறிலியும் மின்சார மாறிலியும் (magnetic constant μ_0 and electric constant ε_0)

மூன்றலகு மின்னிலைப்பியல் திட்டத்தில்

$$F = Ke\frac{Q_1Q_2}{r^2}\ ;\ \text{எனவே}\ [F] = [Ke]\,Q^2\,L^{-2} \qquad —(1)$$

மூன்றலகு மின்காந்தத் திட்டத்தில் கடத்தியின் ஓரலகு நீளத்தில் ஆன விசை

$$Fe = K\ \frac{I_1\,I_2}{r}\ ;\ \text{எனவே}\ [\,F\,] = Km\ I^2 \qquad —(2)$$

மின்னூட்டமும், மின்னோட்டமும் $I = dQ/dt$) என்று தொடர்புற்றுள்ளன. எனவே $[Q] = IT$; $[Q]^2 = I^2T^2$. இரு சமன்பாடுகளையும் பரிமான நோக்கில் பார்க்க. (1 ÷ 2)

$$[Km\ km^{-1}] = L^2T^{-2} = [L^{-1}]^2$$

*பிற, புற- para

இந்தத் திட்டங்களில் ke யை விளக்கும் மாறிலிகளில் $1/\varepsilon_0$— ஒன்றுதான் பரிமானம் உடையது; அங்ஙனமே km-இல் μ_0 ஒன்றுதான் பரிமானம் உடையது. எனவே

$$\frac{1}{\varepsilon_0} \times \frac{1}{\mu_0} = [LT^{-1}]^2 = [c]^2 = [\text{கதி}]^2$$

ஆய்வுகளின் மூலம் கண்ட {c}யின் மதிப்பு ஒளியின் கதியுடன் ஒத்திருந்தது. இதன்படியே மேக்ஸ்வெல் தமது மின்காந்தக் கதிர் வீச்சுக் கணக்கீட்டின் மூலம் மின்காந்தக் கதிர்வீச்சுக் கதியும் ஒளியின் கதியும் ஒத்திருப்பதை யறிந்து ஒளி ஒரு மின்காந்தக் கதிர்வீச்சே என நிறுவினார்.

$$\frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0} = c^2 \text{ அல்லது } \mu_0 \varepsilon_0 = \frac{1}{c^2} \text{ அல்லது } c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

ஒளியின்கதி $c = 2.997\ 92 \times 10^8\ ms^{-1}$ இதனைத் தோராயமாக $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$ $(= 3 \times 10^{10}\ cm\ s^{-10})$ எனக் கொள்வோம்.

நாம் மேற்கொள்ளும் அலகுத் திட்டத்துக்கு ஏற்ப μ_0, ε_0 மதிப்புகளைக் கைக் கொள்ளலாம், எனினும்

$$\{\mu_0\} = 1 \text{ எனின் } \{\varepsilon_0\} = \left\{\frac{1}{C^2}\right\} = \frac{1}{9 \times 10^{20}} \quad \text{(cgs)}$$

$$\{\varepsilon_0\} = 1 \text{ எனின் } \{\mu_0\} = \left\{\frac{1}{C^2}\right\} = \frac{1}{9 \times 10^{20}} \quad \text{(cgs)}$$

எனவே $\{\mu_0\} = 1$ எனின் $\{\varepsilon_0\} \neq 1$; அவ்வாறே
$\{\varepsilon_0\} = 1$ எனின் $\{\mu_0\} \neq 1$.

ஆனால் நமது cgs திட்டங்களில் $\{\mu_0\} = 1$ அல்லது $\{\varepsilon_0\} = 1$ அல்லது $\{\mu_0\} = \{\varepsilon_0\} = 1$ எனவும் கைக் கொண்டனர். இதனால் காந்தப் புலவியல் வழியில் கண்ட அலகுகளைக் கொண்டு மின்னிலைப்பியல் கணிசங்களை அளக்கும்போதும், மின்னிலைப்பியல் வழியில் கண்ட அலகுகளைக் கொண்டு அடுத்ததை அளக்கும் போதும் இரண்டு திட்டங்களும் ஒரியன்மை சிறிதும் இன்றி பெரும் குழப்பத்துக்கு உள்ளாகின. எனவே, காந்தப் புலவியல் வழியில் தனி அலகுகளும் (மின்காந்த அலகுகள் emu), மின்னிலைப்பியல் வழியில் தனி அலகுகளும் (மின்னிலைப்பியல் அலகுகள் esu) என அவ்வத்துறைக்கு வெவ்வெறு அலகுத் திட்டங்கள் பயன் பெற்றன. இவை நடைமுறைக்கு உதவாததால் நடைமுறை அலகுகள் என்ற ஓர் அலகுத் திட்டமும் உடன் சேர்ந்து குழப் பத்தை மிகுதிப் படுத்தியது.

E, D; B,H இவற்றின் ஒப்புமை :- mks <Q><P> மற்றும் RmksA (ST) (காண்க 12.6.9)

மின் கணிசங்கள்	SI RmksA	mks <Q> <P>
$E = \frac{\text{விசை} F}{\text{மின்னூட்டம்} Q}$		
$= < \frac{\text{நியூட்டன் } N}{\text{கூலும் } C} >$	$NC^{-1} = NA^{-1}S^{-1}$ $= Vm^{-1}$	NC^{-1}
$= \left[\frac{LMT^{-2}}{IT}\right] = [LMT^{-2}Q^{-1}]$	$LMT^{-3}I^{-1}$	$LMT^{-2}Q^{-1}$
$D = \frac{\text{மின்னூட்டம் } Q}{\text{பரப்பு } A}$		
$= < \frac{\text{கூலும் } C}{\text{மீட்டர்}^2} >$	Cm^{-2} $= Asm^{-2}$	Cm^{-2}
$= \left[\frac{IT}{L^2}\right] = [QL^{-2}]$	$L^{-2}TI$	$L^{-2}Q$

மின் இசைவியன்மை,

$\varepsilon = \dfrac{D}{E}$		
$= < \dfrac{\text{கூலும்}^2}{\text{நியூட்டன் மீட்டர்}^2} >$	$C^2N^{-1}m^{-2}$ $= F\ m^{-1}$	$C^2N^{-1}m^{-2}$ $= Fm^{-1}$
$= < \dfrac{\text{கூலும்}^2}{\text{சௌல் மீட்டர்}} >$	C^2Jm^{-1} $= Fm^{-1}$	,,
$= \left[\dfrac{I^2T^2}{L^2MT^{-2}L}\right] = [Q^2L^{-3}MT^{-2}]$	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	$L^{-3}M^{-1}T^2Q^2$
$E.\ D = < \dfrac{\text{நியூட்டன்}}{\text{மீட்டர்}^2} >$	Nm^{-2}	Nm^{-3}
$= < \dfrac{\text{சௌல்}}{\text{மீட்டர்}^3} >$	Jm^{-3}	Jm^{-3}
$= \left[\dfrac{L^2MT^{-2}}{L^3}\right] = [L^{-1}MT^{-2}]$	$L^{-1}MT^{-2}$	$L^{-1}MT^{-2}$
= ஆற்றலடர்த்தி		

காந்தக் கணிசங்கள்	SI RmksA	Rmks<Q><P>
$B = \frac{\text{விசை}F}{\text{காந்த முனைவலிமை}P}$		
$= <\frac{\text{நியூட்டன்}}{\text{கோலோன்}}>$	$NA^{-1}m^{-1}$ $= wbm^{-2} = T$	$N<P>^{-1}$
$= \left(\frac{LMT^{-2}}{IL}\right) = [LMT^{-2}P^{-1}]$	$MT^{-2}I^{-1}$	$LMT^{-2}P^{-1}$
$H = \frac{\text{முனைவலிமை}P}{\text{பரப்பு}A}$		
$= <\frac{\text{கோலோன்}}{\text{மீட்டர்}^2}>$	Am^{-1}	$<P>m^{-2}$
$= \left(\frac{PIL}{L^2}\right) = \left(\frac{P}{L^2}\right)$	$L^{-1}I$	$L^{-2}P$

காந்தப் புக்கியன்மைμ :

$\frac{1}{\mu} = \frac{H}{B}$		
$= < \frac{\text{கோஃன்}^2}{\text{நியூட்டன்மீட்டர்}^2} >$	A^2N^{-1}	$<P>^2N^{-1}m^{-2}$
$= < \frac{\text{கோஃன்}^2}{\text{சௌல்மீட்டர்}} >$	A^2mJ^{-1} $=H^{-1}m$	$<P>^2J^{-1}m^{-1}$
$= \left(\frac{I^2L^2}{L^2MT^{-2}L}\right) = \left(\frac{P^2}{L^2MT^{-2}L}\right)$	$L^{-1}M^{-1}T^2I^2$	$L^{-3}M^{-1}T^2P^2$
$B.H = < \frac{\text{நியூட்டன்}}{\text{மீட்டர்}^2} >$	Nm^{-2}	Nm^{-2}
$= < \frac{\text{சௌல்}}{\text{மீட்டர்}^3} >$	Jm^{-3}	Jm^{-3}
$= \left(\frac{L^2MT^{-2}}{L^3}\right) = [L^{-1}MT^{-2}]$	$L^{-1}MT^{-2}$	$L^{-1}MT^{-2}$

= ஆற்றலடர்த்தி

* முனைவலிமைக்குத் தற்காலிகமாக 'கோஃ'ன்' என அலகுப்பெயர் தரப்பட்டுள்ளது.

இச் சிக்கலை அவிழ்க்க, சியார்சி பரிந்துரைத்த திட்டத்தில் $\{\mu_o\} = 10^{-7}$ எனக் கொண்டார்; எனவே $\{\varepsilon_o\} = (1/9\times10^{9})$- ஆகும். அலகுத் திட்டத்தை ஒழுங்குறுத்த 4π என்ற உறுப்பு தேவையானது. (இதனை சீராக்கத்தில் 12.5.1இல் காண்க) சியார்சி தனது திட்டத்தை ஒழுங்குறுத்தத்துக்கு உட்படுத்தி

$\{\mu_o\} = 4\pi \times 10^{-7}$ எனக் கொண்டார்; இதனால்

$\{\varepsilon_o\} = 8.854\times10^{-12}$ என ஆயிற்று;

$$\mu_o = 4\pi\times10^{-7}\ \mathrm{Hm^{-1}}$$

$$\varepsilon_o = 8.854\times10^{-12}\ \mathrm{Fm^{-1}}$$

எனவே $< \mu_0\, \varepsilon_0 > = \mathrm{H\ F\ m^{-2}}$

அல்லது $[\mu_0\, \varepsilon_0] = L^2 M T^{-2} I^{-2}\ L^{-2}M^{-1} T^4 I^2 L^{-2}$

$$= L^{-2} T^2 = [LT^{-1}]^{-2}$$

$$= \frac{1}{C^2}$$

12.1.26 (A) $E, D; B, H$ இவற்றின் ஒப்புமை

$$< E. H > = \frac{N}{C} \times \frac{<P>}{m^2}$$

$$= \frac{<P>}{C} \times \frac{N}{m^2}$$

$$= \frac{<P>}{C} \times \frac{s}{s} \times \frac{Nm}{m^3}$$

$$= \frac{<P>}{C} \times \frac{s}{m} \times \frac{J}{m^2 s}$$

$$= \frac{1}{V} \times \frac{J}{m^2 s}$$

இதில் $V = \frac{C}{<P>} \times \frac{m}{s}$ என்க.

SI-இல் $V = 1$; எனவே $<E. H> = \mathrm{J\ m^{-2}s}$ என அமையும்

$$<B. D> = \frac{N}{<P>} \times \frac{C}{m^2}$$

$$= \frac{C}{<P>} \times \frac{N}{m^2}$$

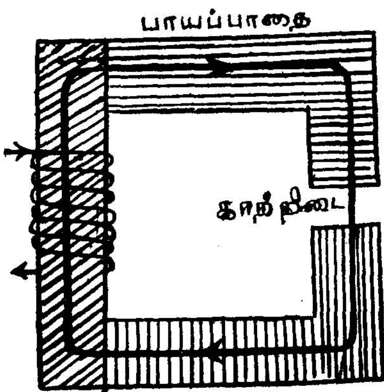
$$= \frac{C}{<P>} \cdot \frac{m}{s} \cdot \frac{Ns}{m^3}$$

$$= V \cdot \frac{Ns}{m^3}$$

SI இல் $V = 1$; எனவே $<B \cdot D> = N\,s\,m^{-3}$

12.1.27. காந்தச்சுற்று (magnetic circuit)

ஒன்றாக இணைக்கப்பட்ட பல்வேறு பொருள்களில் காந்தமூலம் ஒரு காந்தச் சுற்றை ஏற்படுத்தும். படத்தில் சுருள் உண்டாக்கும் காந்தவிசையால் பல்வேறு பொருள்களின் இணைப்பில் ஏற்படும் காந்தப்பாயத்தின் பாதை காட்டப்பட்டுள்ளது, இந்தப் பாயம் அந்தப் பொருள்களுக்குள் மட்டுமே அடங்கியிருக்கும்.



படம் 102. காந்தச்சுற்று

12.1.28. காந்தஇயக்கு விசை (magnetomotive force Im)*

மின்னியக்கு விசை மின்சுற்றில் மின்னோட்டப் பாய்வை ஏற்படுத்துவதைப் போல், காந்தஇயக்கு விசை. காந்தச்சுற்றில் காந்தப் பாய்வை ஏற்படுத்துகிறது. காந்தப்பாயத்தை ஏற்படுத்த இயல்வது காந்தஇயக்கு விசை, இது சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தையும், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையையும் பொறுத்தது. N சுற்றுகள் உள்ள சுருளின் வழியாக I மின்னோட்டப் பாய்வு ஏற்பட்டால் அது உருவாக்கும் காந்த இயக்கு விசை Im = NI ஆம்பியர் சுற்று.

சுருளுக்குப் பதிலாக நிலைக்காந்தம் இருப்பின் சுருளின் சமக்காந்த இயக்கு விசை உள்ளதாகக் காந்தத் துண்டு கருதப்பட வேண்டும்.

*12.1.28. காந்த இயக்கு விசைக்கான SUN குறியீடு Fm எனினும் அதன் அலகுப் பொருத்தம் நோக்கி Im கையாளப்பட்டுள்ளது.

காந்த இயக்குவிசை Im = மின்னோட்டம் × சுற்றுகள்
<Im> = ஆம்பியர் சுற்று At

சுற்றுகள் வெறும் எண்ணிக்கையாதலால் [Im] = I

பெயரில் விசையைக் கொண்டிருந்தாலும் இது விசைக் கணிசம் அல்ல. காந்தச் சுற்றில் காந்த இயக்கு விசை வினை; காந்தப் பாயம் அதன் விளைவு.

12.1.29. காந்த நிலைப்பாற்றல் (magnetic potential-U_m)

மின்னோட்டம் (I) பாயும் கடத்தியில் இருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் (P)

காந்தப் பாய அடர்த்தி

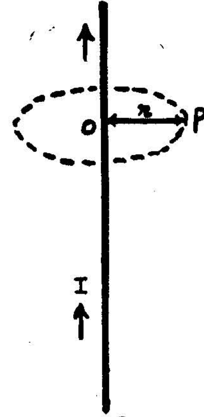
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

எனவே காந்தப் புல வலிமை

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

இந்தப் புலத்தில் (opயை ஆரமாகக் கொண்ட வட்டப் பரிதியில்) ஒரு துகள் சுற்றிவர செய்யப்பெறும் வேலை.

$$W = F \times s = H \times 2\pi r = \frac{I}{2\pi r} \times 2\pi r = I$$

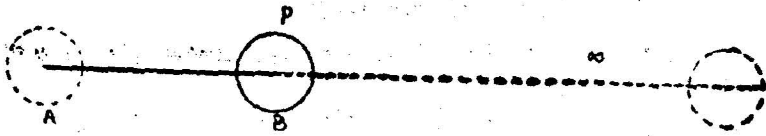


படம் 103. காந்த நிலைப்பாற்றல்

இந்த வேலை, 'காந்த நிலைப்பாற்றல்' எனப்படும். இதன் அலகு ஆம்பியர் சுற்று At அல்லது வெறுமனே ஆம்பியர் A ஆகும்.

காந்த நிலைப்பியலில் (magnetostatics), ஒரு புள்ளியிலான காந்த நிலைப்பாற்றல் என்பது, ஓரலகு ''வடமுனை''யை ஈறற்ற தொலைவில் இருந்து, அந்தப் புள்ளிக்குக் கொண்டுவரத் தேவையான வேலையின் அளவைக் கொண்டு கணக்கிடப் பட்டுவந்தது. இரு புள்ளிகளுக்கு இடையிலான ஆற்றல் வேறுபாடும் இவ்வாறே கணக்கிடப்பட்டது.

ஈறற்ற தொலைவில் இருந்து ஓரலகு வடமுனையை Aஎன்ற புள்ளிக்குக் கொண்டுவரத் தேவையான வேலை W_A ;Bக்கு W_B எனின், Bயில் இருந்து Aக்குக் கொண்டுவர



படம் 104. காந்த நிலைப்பாற்றல் ஒரலகு வடமுனை

$$W_{B\to A} = W_{\infty\to A} - W_{\infty\to B}$$

ஒரு புள்ளியிலான காந்த நிலைப்பாற்றல்

$$Um = \frac{1}{4\pi} = \frac{P}{r} \qquad Um = W_{B\text{-}A}$$

காந்த முனையின் பரிமானம் [P] = IL. எனவே

$$[Um] = IL\,L^{-1} = I$$

இதன் அலகு <Um> = ஆம்பியர் (A) அல்லது ஆம்பியர் சுற்று (At)

கென்னல்லி பரிந்துரையில்

$$Um = \frac{1}{4\pi\,\mu_0} \times \frac{P}{r}$$

μ_0 இன் பரிமானம் $[\mu_0] = FI^{-2} = LMT^{-2}M^{-2}I^{-2}$ கென்னல்லி பரிந்துரைப்படி காந்தமுனையின் பரிமானம் $[Pk] = FLI^{-1} = L^2MT^{-2}I^{-2}$ இவற்றை ஈடு செய்ய

$$[Um] = [FI^{-2}]^{-1}\,FLI^{-1}\,L^{-1} = I$$

எனவே இதிலும் இதன் அலகு ஆம்பியர் (A) அல்லது ஆம்பியர் சுற்று (At) ஆகவே விளங்குகிறது.

12.1.28 இல் குறிப்பிட்ட 'காந்த இயக்கு விசை'யை இது ஒத்துள்ளதை இதன் பரிமானத்தாலும் அறியலாம்.

எனினும் ஒரே பரிமானமோ அன்றி ஒரேவகையான பெயர்த்தொடர்போ, அன்றி பரிமானமும் பெயர்த்தொடர்புமோ ஒத்திருக்கும் கணிசங்கள் அவற்றின் இயல்புகளில் ஒத்திருக்க வேண்டுமென்ற கட்டாயமில்லை. அவ்வாறுள்ள பல கணிசங்கள் உண்மையில் ஒத்திருக்கவும் இல்லை என்பதைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

12.1.30. வெறுப்பம் (reluctance—R_m):

காந்தச் சுற்றில் வெறுப்பம் என்பது, மின்சுற்றில் உள்ள தடையை ஒத்தது.

$$\text{வெறுப்பம் } R_m = \frac{\text{காந்த இயக்கு விசை } I_m}{\text{காந்தப் பாயம் } \phi} = < \frac{At}{Wb} >$$

வெறுப்பத்தின் அலகு SI-இல் At Wb^{-1} அல்லது எளிதாக A Wb^{-1} (ஆம்பியர்/வீபர்)

SI இல் $[I_m] = I$; $[\phi] = L^{-2}MT^{-2}I^{-1}$
எனவே வெறுப்பத்தின் பரிமானம்;

$$[R_m] = L^{-2}M^{-1}T^{2}I^{2}$$

12.1.31. புகுமியம் (permeance—λ)

மின்சாரக் கடத்துகையை (conductance) ஒத்த காந்தச் சுற்றுக் கணிசம் புகுமியம், இக் கணிசத்துக்கான குறியீடு, கிரேக்கப் பெரிய எழுத்து லாம்டா λ.

$$\lambda = \frac{\text{காந்தப்பாயம் } \phi}{\text{காந்த இயக்குவிசை } I_m} = < \frac{Wb}{At} >$$

இதன் SI அலகு $<\lambda> =$ Wb At^{-1} என்பது வெளிப்படை Wb At^{-1}-இன் தனிப்பெயர் என்ரி (henry-H)
இதன் பரிமானம் $[\lambda] = L^{2}MT^{-2}I^{-2}$

12.1.32. காந்தவாக்கம் அல்லது காந்தவாக்கச் செறிவு (magnetisation or intensity of magnetisations—M)

காந்தப்புலத்தில் உள்ள பொருளின் ஒவ்வொரு பருமக் கூறும் ஒரு காந்தவச் சுழலத்தை (magnetic moment)ப் பெறுகிறது. அஃதாவது காந்தவாக்கம் உறுகிறது. இந்தப் பொருள் அயக்காந்தப் (ferromagnetic) பொருளானால் காந்தப்புலம் நீக்கப்பட்டாலும் இதன் காந்தவாக்கம் நீக்கமுறாது. அவ்வாறு காந்தவாக்கப்பட்ட பொருளின் ஓரலகுப் பருமக் காந்தவாக்கம் காந்தவாக்கச் செறிவு அல்லது பருமமேனிக் காந்தவாக்கம் என வழங்கப்படும்.

$$\text{பருமமேனிக் காந்தவாக்கம் } [M] = \frac{\text{காந்தவச் சுழலம் } m}{\text{பருமம் } V}$$

எனவே இதன் பரிமானம் $[M] = L^{2}I\,L^{-3} = L^{-1}I$ இதன் அலகு $<M> =$ ஆம்பியர்/மீட்டர் Am^{-1}

12.1.33. காந்த ஏற்புத்திறன் (magnetic susceptibility—xm)

ஒரு பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் என்பது, அப் பொருளின் பருமமேனிக் காந்தவாக்கத்துக்கும் ($\underset{\frown}{M}$), அந்தப் பொருளுள் உள்ள காந்தப் புலச் செறிவுக்கும் (H) உள்ள தகவு ஆகும்.

$$X_m = \frac{M}{H}$$

$[\underset{\frown}{M}] = L^{-1}I$; $[H] = L^{-1}I$. எனவே X_m ஒரு பரிமானமில் மாறிலி என்பது புலப்படும்.

12.1.34. காந்த இருமுனைச் சுழலம் (magnetic dipole moment—j)

காந்த இருமுனைச் சுழலத்தை வரையறுக்கும் வாய்பாடு

$$T = j \times H$$

அல்லது $j = \frac{T}{\underset{\frown}{H}}$; அல்லது $j = T \frac{\mu_0}{\underset{\frown}{B}}$

இதில் $\underset{\frown}{T}$ என்பது திருக்கை (torque). திருக்கையின் பரிமாணம்

$[T] = L^2MT^{-2}$; $[\mu_0] = L\,MT^{-2}\,I^{-2}$;
$[B] = MT^{-2}\,I^{-1}$; $([H] = L^{-1}\,I)$. எனவே
$[j] = L^3\,MT^{-2}\,I^{-1}$; <j> = வீபர் மீட்டர் Wbm.

12 1.35. காந்தவச் சுழலம் (Magnetic moment—m)

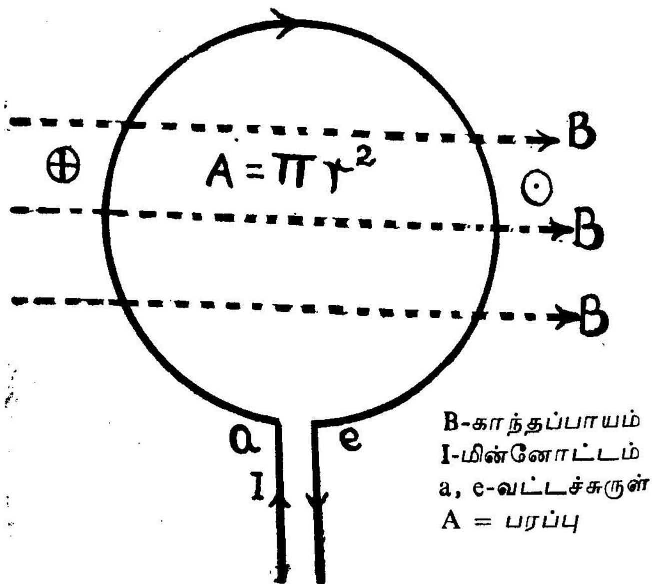
ஒரு வளைவுற்ற கடத்தியின் வழியாக மின்னோட்டம் (I) பாய்வதால், அக்கடத்தியில் ஏற்படும் சுழலம் பரிதியின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தையும், கடத்தி "அடைக்கும்" பரப்பையும் (A) பெருக்கக் கிடைக்கும்.

$$m = I\,A$$

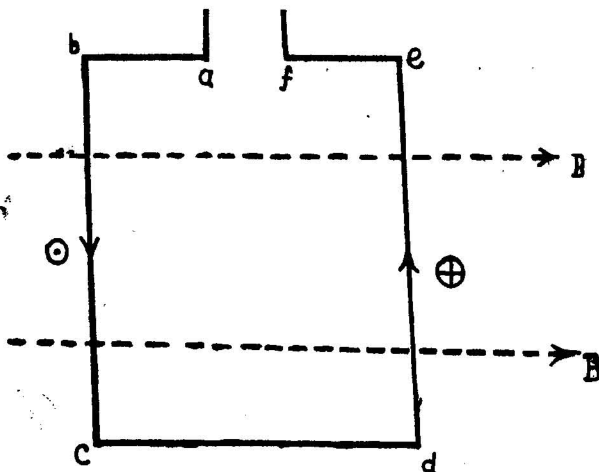
இதன் பரிமானம் $[m] = L^2I$

அலகு <m> = ஆம்பியர் மீட்டர்^{2} Am^2

சுருள் பெறும் திருக்கையைக் கொண்டும் இதனை வரையறுக்கலாம்.



படம் 105. காந்தப் பரப்புச் சுழலம்-வட்டச்சுருள்



படம் 106. காந்தப் பரப்புச் சுழலம்-செவ்வகச் சுருள்

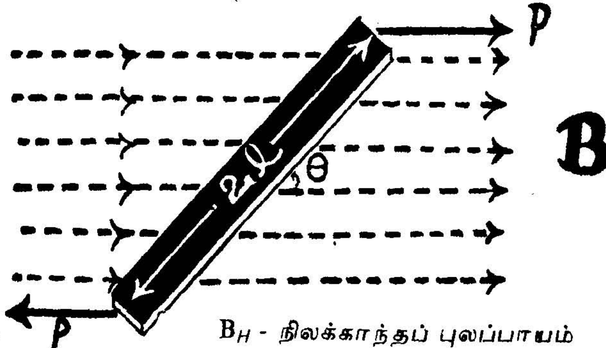
$T = m \times B$ அல்லது $I = mB \sin\theta$

அல்லது $m = \dfrac{T}{B}$

$[B] = MT^{-2} I^{-1}$; $[T] = L^2 MT^{-2}$ எனவே $[m] = L^2 I$.

மின்சார இயலில் மிகுதியாய்ப் பயன்படும் கணிசம் காந்தவச் சுழலம். இது காந்தப் பரப்புச் சுழலம் (magnetic area moment), மின்காந்தச் சுழலம் (electro magnetic moment) என்றும் வழங்கப்பெறும். முனைவலிமை P-உடைய 2l நீளமுள்ள காந்தக் கட்டையின் காந்தவச் சுழலம் $m = 2l \times P = 2Pl$. இதன் இரட்டை $= mB \sin\theta$

காந்தவச் சுழலமும் விசையியற் சுழலமும்: காந்தப் புலத்தில் உள்ள ஒரு சுருளின் மீதான இரட்டையின் சுழலம்.



படம் 107. காந்தத் துண்டின் சமச்சுழலம்

$$T = mB\sin\theta = IA\sin\theta$$

$$[m] = [IA] = L^2 I; \quad [B] = MT^{-2} I^{-1}; \; [\theta] = L^0$$

இப் பரிமானங்களை வாய்பாட்டில் இட

$$[T] = L^2 I.\; MT^{-2} I^{-1} = L^2 MT^{-2} = [T \text{ விசை}]$$

எனவே காந்தவச் சுழலமும் விசையியற் சுழலமும் மூத்றொத்துள்ளன.

காந்தவச் சுழலம்—இரு வேறு பரிந்துரைகள்: காந்தவச் சுழலம் $m = IA$ என மேலே கூறப்பட்ட பரிந்துரை Rmks அலகுத் திட்டத்தில் எஞ்சியிருந்த சிக்கலையும் விலக்கி எளிதாக்கியது. இந்தக் கருத்தை உருவாக்கியளித்தவர் அர்னால்டு சோமர்பீல்டு ஆவார். SI அலகுத் திட்டத்தில் உலகெங்கும் மேற்கொள்ளப் பெற்றுள்ள மின்சார இயல் அளவீடுகள் $m = IA$ என்பதனையே அடிப்படையாகக் கொண்டவை.

இந்தக் கருத்து பரவுவதற்கு முன்னர் (1964-க்கு முன்) அறிஞர் கென்னெல்லி $m = \mu_0 IA$ என்ற அடிப்படையில் பரிந்துறைத்த அலகுத் திட்டமே நடைமுறையில் இருந்து வந்தது. RmksA அலகுத் திட்டத்தில் வெளிவந்த பழைய மின்சார இயல் பொத்தகங்களில் இம்முறையே பின்பற்றப்பட்டிருக்கும்.*

மாதிரிக் கணக்கு : 140mm விட்டமுள்ள வட்டத்தின். பரிதியாய் அமைந்த ஒரு சுற்றில் ஓர் ஆம்பியர் மின்சாரம் பாயும் ஆயின் அதன் காந்தவச் சுழலத்தைக் கணக்கிடுக. சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை 100 ஆக்கினால் காந்தவச் சுழலம் என்ன ?

$$2r = 140\text{ mm};\ r = 70\text{mm} = \cdot 07\text{m};\ A = \pi r^2;\ I = 1A$$

$$m = \pi r^2 I$$

$$= \frac{22}{7} \times \cdot 07 \times \cdot 07 \times 1 = 0.0154\ \text{Am}^{-2}$$

சுற்றுகள் 100 எனின் $m = nAI$

எனவே $m = \cdot 0154 \times 100 = 1.54\text{Am}^{-2}$

வெவ்வேறு சுழலங்கள் : விசையியற் சுழலம், மின்சார இருமுனைச் சுழலம், காந்த இருமுனைச் சுழலம், காந்தவச் சுழலம் ஆகியன வெவ்வேறானவை.

சுழலம்		வரையறைச் சமன்பாடு	அலகு	பரிமானம்
1. விசையியற் சுழலம்	$\underset{\frown}{M}$	$M = f \times l$	Nm	L^2MT^{-2}
2. மின்சார இருமுனைச் சுழலம்	$\underset{\frown}{P}$	$P = Q \times l$	Cm	LTI
3. காந்த இருமுனைச் சுலழம்	$\underset{\frown}{i}$	$T = i \times H$	Wb m	$L^3MT^{-2}I^{-1}$
4. காந்தவச் சுழலம்	$\underset{\frown}{m}$	$T = m \times B$	Am^2	L^2I

* எனினும் நமது நாட்டில் தற்போது 1976-77ல் இல் வெளிவரும் பொத்தகங்கள் அனைத்தும் பழைய கென்னலி பரிந்துரையின் அடிப்படையிலேயே வெளிவந்துகொண்டிருக்கின்றன. சில நூல்கள் காந்த நிலைப்பியலுக்குக் கென்னலி பரிந்துரையையும், மின்சார இயலுக்கு சோமர்பீல்டு பரிந்துரையையும் மேற்கொண்டு சிக்கலை உண்டாக்கிவிட்டன.

12.1.36. 'கற்பிதக்' காந்தமுனை (imaginary magnetic pole—(ρ)

தனித்த மின்னூட்டங்களைப் பெற இயலும். ஆனால் தனித்த காந்த வூட்டங்களையோ (magneric charge-Qm) அன்றிக் காந்த முனைகளையோ நடைமுறையில் பெற இயலாது.* மேலும் காந்த விளைவுகள் அனைத்தும் மின்சார வினைகளால் உருவாகுவன என்பதாலும், இந்தக் கற்பனைக் காந்தமுனைகளைப் பற்றிக்கொண்டு காலாகாலமாகச் சுழன்ற கூலும்நெறி பெரும்பாலோரால் கைவிடப்பட்டது. ஆயினும் காந்த அளவியலில் காந்தமுனை என்ற கொள்கை, எளிய வாய்ப்பான கருத்தாக நிலவுவதால், மாணவர்களுக்குப் பாடஞ்சொல்ல மிகுந்த உதவியாயிருக்கும் எனச் சிலர் தனித்த காந்தமுனையை மேற்கொள்கின்றனர். இக் கற்பிதக் காந்தமுனை, சம மின்சார அலகால் அளக்கப்பட்டுவிட்டால் போதும்;

இதன்படி, வெற்றிடத்தில் சம காந்தமுனை ஒன்றிலிருந்து 1 மீட்டர் தொலைவில் உள்ள ஒரு காந்தமுனை, $\mu_0/4\pi$ நியூட்டன் விலக்கு விசையைப் பெற்றால் அஃது ஓரலகுக் காந்த முனை (unit magnetic pole) எனப்படும். காந்தமுனைக்கான அலகு ஆம்பியர் மீட்டர் Am.

12.1.37 'கற்பிதக்' காந்தவூட்டம் (magnetic charge—Qm)

காந்தவூட்டம் Qm $= \mu_0$P. பரிமானங்களைக் கருத $[\mu_0] = LMT^{-2}\,I^{-2}$; $[P] = LI$; எனவே $[Qm] = L^2MT^{-2}I^{-1}$ இதன் அலகு <Qm> = வீபர்

காந்தவூட்டத்தை $F = HQm$; காந்தமுனையை $F = B\rho$ என்ற சமன்பாடுகளின் வழியாகவும் தருவிக்கலாம்;

$Qm_1\ (= \mu_0P_1)$, $Qm_2\ (= \mu_0P_2)$ என்ற காந்த வூட்டங்களுக்கான கூலும் நெறி

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{Qm_1\,Qm_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{(\mu_0P_1)(\mu_0P_2)}{r^2}$$

$$= \frac{\mu^0}{4\pi} \times \frac{P_1P_2}{r^2}$$

* 12.1.36. குவாண்டம் கொள்கைப்படி காந்தவூட்டம் (அல்லது தனித்த காந்தமுனை) இருக்க வாய்ப்புண்டு என நோபல் பரிசு பெற்ற அறிஞர் டிராக் (Dirac) குறிப்பிட்டுள்ளார். காந்தமுனையைத் தனிப்படுத்தும் ஆராய்ச்சி வெற்றி கண்டுள்ளதாகச் செய்திகளும் செப்புகின்றன.

cgs-இல் $\mu_0 = 1$ என பரிமானமில்லா மாறிலியாய் இருந்ததால் $Q_m = P$ எனவே காந்தவூட்டமும் காந்தமுனையும் வேறுபாடின்றி வழங்கப்பட்டு வந்தன. ஆனால் SI யில் $Q_m = \mu_0 P$ இதில் $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ Hm^{-1}$ எனவே SI யில் காந்தவூட்டமும் காந்தமுனையும் வெவ்வேறானவை.

12.1.38. காந்தநிலைப்பியலில் கூலும் நெறி

$$F \propto \frac{P_1P_2}{r^2} \text{ அல்லது } F = K_m \frac{P_1P_2}{r^2}$$

$Km = K_4K_5K_6$; SIயில் $K_4 = 1$; $K_5 = \mu_o/4\pi$; $K_6 = 1$

எனவே $K_m = \mu_o/4\pi$. (காண்க 12.2.2)

$$\therefore F = \frac{\mu_o}{4\Pi} \times \frac{P_1P_2}{r^2}$$

$[F] = F = LMT^{-2}$; $[\mu_o] = LMT^{-2}I^{-2}$; $[r] = L$

$[P_1] = [P_2] = [P]$

பரிமானங்களை மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் இட

$$[P^2] = L^2I^2 \text{ அல்லது } [P] = LI$$

எனவே காந்தமுனையின் அலகு ஏற்கனவே குறித்ததைப்போல் ஆம்பியர் மீட்டர் A_m.

(1) சாமர்ஃபீல்டு பரிந்துரை $(m = \mu IA)$ப்படி வருவித்த 'காந்தமுனையி'ன் அலகு A_m. இதன்படி ஒரு காந்தத்தின் சுழலம் $m = Pl \cos \theta$. எனவே பரிமானம் $[m] = LI \cdot L = L^2I$.

(2) இனி, கென்னலி பரிந்துரை $(m = \mu_0 IA)$ப் படியான காந்தமுனையின் அலகை வருவிக்கலாம்.

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{P_1P_2}{r^2}$$

$[F] = F = LMT^{-2}$; $[\mu_0] = FI^{-2} = LMT^{-2}I^{-2}$; $[r] = L$

$[P_1] = [P_2] = [P]$ இப் பரிமானங்களை இட

$[P^2] = F^2L^2I^{-2} = L^4M^2T^{-4}I^{-2}$

அல்லது $[P] = FLI^{-1} = L^2MT^{-2}I^{-1}$

எனவே காந்தமுனையின் அலகு <P> = வீபர் (Wb) = <ϕ>

கென்னலி திட்டப்படி காந்தமுனை காந்தப்பாயத்தின் அலகால் அளக்கப்பெறும்.

காந்தவச் சுழலம் $m = Pl \cos \theta$. இதன் பரிமானம்

$[m]_k = L^2MT^{-2}I^{-1} L = L^3MT^{-2}I^{-1}$ இதன் அலகு

$<m>_k$ = வீபர் மீட்டர் (wbm)

$[m]_k = L^3MT^{-2}I^{-1} - LMT^{-2} I^{-2} L^2I = [\mu_0 IA]$

12.1.39. SI கென்னலி, சோமர்பீல்டு பரிந்துரைப்படியான சில அலகுகள்

SI அலகுத் திட்டத்திலான இரு வேறு பரிந்துரைகளில் சில அலகுகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம்

கணிசம்	SI-கென்னலி		SI-சாமர்பீல்டு		பார்வை
	பரிமானம்	அலகு	பரிமானம்	அலகு	
காந்தமுனை P	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	Wb	LI	Am	12.1.36
காந்தவச்சுழலம் m	$L^3MT^{-2}I^{-1}$	Wbm	L^2I	Am^2	12.1.35
பருமமேனிக் காந்தவாக்கம் M	$MT^{-2}I^{-1}$	Wbm^{-2}	$L^{-1}I$	Am^{-1}	12.1.32
காந்த ஏற்புத்திறன் Xm	$LMT^{-2}I^{-2}$	Hm^{-1}	பரிமானமற்ற எண்		12.1 33

சோமர்பீல்டு பரிந்துரையின் செம்மை

மின்சாரம் பாயும் இரு கடத்திகளுக்கு இடையிலான விசை, cgs இல்

$$F = \frac{2I_1 I_2}{r}$$ டைன்/சென்டிமீட்டர் நீளம்

என அறிவோம், I_1, I_2-மின்னோட்டச் செறிவு; r-இடைப்பட்ட தொலைவு.

இதுவே SI அல்லது Rmks A-இல்

$$F = \frac{\mu}{4\pi} \times \frac{2I_1 I_2}{r}$$ நியூட்டன்/மீட்டர்நீளம்

இதில் $\mu = \mu_0\mu_r;\ \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ Hm^{-1}$ அஃதாவது

$$F = \frac{\mu_0\mu_r}{2\pi} \times \frac{I_1I_2}{r}$$ நியூட்டன்/மீட்டர் நீளம்

(காண்க 12.0)

12.1.40. cgs, SI (கென்னலி), SI (சாமர்பீல்டு) திட்டத்தில் சில காந்தவியல் வாய்பாடுகள்

கணிசம்	cgs	SI (கென்னலி)	SI (சரமர்பீல்டு)
கர்ந்தவச் சுழலம்	$m = P \times 1$	$m = \mu_0 IA$	$m = IA$
கூலும் நெறி	$F = \frac{P_1P_2}{r^2}$	$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{P_1P_2}{r^2}$	$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{P_1P_2}{r^2}$
காந்தமுனைக்குரிய புலவலிமை	$F = PH = PB$	$F = \frac{B}{\mu_0} \cdot P$	$F = B \cdot P$
காந்தத்தின் பாய அடர்த்தி (சுழலம் m; தொலைவு r)	$B = H = \frac{m}{r^3}(3\cos^2\theta+1)$	$B = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{m}{r^3}(3\cos^2\theta+1)$	$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{m}{r^3}(3\cos^2\theta+1)$
காந்த ஆற்றல்	$Um = \frac{P}{r}$	$Um = \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{P}{r}$	$Um = \frac{1}{4\Pi} \cdot \frac{P}{r}$
	$Um = \frac{m}{r^2} \cdot \cos\theta$	$Um = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{m}{r^2} \cos\theta$	$Um = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{m}{r^2} \cos\theta$

ஒரு கூட்டின் காந்த ஆற்றல் (Potential due to a shell) (பாயம் ϕ; கோணம் ω)	$Um = \phi\omega$	$Um = \frac{1}{4\pi\mu_0}\ \phi\omega$	$Um = \frac{1}{4\pi} \cdot \phi\omega$
	$W = 4\pi\phi$	$W = \frac{\phi}{\mu_0}$	$W = \phi = \frac{P}{ds}$
காந்தப்புலத்தில் காந்தத்தின் நிலைப்பாற்றல்	$W = Hm \cos\theta$	$W = \frac{B}{\mu_0} m \cos 0$	$W = Bm \cos\theta$
காந்தத் துண்டின் அலைவு நேரம்	$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mH+C}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\mu_0 I}{mB+\mu_0 C}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Bm+C}}$
காந்தவாக்கச் சமன்பாடு	$Xm = \frac{\mu_r^{-1}}{4\pi}$	$Xm = \mu_0 (\mu_r^{-1})$	$Xm = \mu_r^{-1})$

இந்த வாய்பாட்டின்படி ஒப்புப் புக்கியன்மை μr மிகுதியானால் விசையும் மிகுதியாகிறது. எனவே அறிவியல் வயப்பட்டதாக அமைகிறது சரிதான்,

இனி, காந்தநிலைப்பியலில் வரும் கற்பித விசையைக் கருதுவோம். cgs இல் இது

$$F = \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

இதில் r தொலைவில் உள்ள காந்தமுனை வலிமைகள் P_1, P_2.

SI-இல் முன்னர்ப் பயன்பெற்ற வாய்பாட்டைக் காணலாம்.

$$F = \frac{1}{4\pi\mu} \times \frac{P_1 P_2}{r^2} \text{ அல்லது } F = \frac{1}{4\pi\mu_0\mu r} \times \frac{P_1 P_2}{r2}$$

இதிலும் $\mu = \mu_0 \mu r$ என்பது வெளிப்படை. இந்த வாய்பாட்டின் அடிப்படையில் முனைவலிமை வீபரில் கூறப்பெறும் (காண்க ***12.1.49***).

அறிந்த முனைவலிமைகளைக் கொண்டு வெற்றிடத்தில் அளக்கப்பெறும் விசை F_0 என்க; (வெற்றிடத்தைவிட) ஒப்புப் புக்கியன்மை μr அதிகமான ஓர் ஊடகத்துள் இதே முனை வலிமைகளைக் கொண்டு அளக்கப்பெறும் விசை F_1 என்க. F_0 ஐவிட F_1 அதிகமா? குறைவா?

மேலே கண்ட வாம்பாட்டில் μr பகுதியில் இருப்பதால் F_1 குறைவு ($F_1 < F_0$) என்பது தெளிவாகும். ஆனால் உய்த்துணர்வின் அடிப்படையில், ஊடகத்தின் ஒப்புப் புக்கியன்மை மிகுந்தால் விசையும் மிகும் என்பது தேற்றம். மேலும் உண்மையில் இந்த விசைகளை அளந்தாலும் F_1 மிகுதியானது ($F_1 > F_0$) என்பது புலப்படும். எனவே நடைமுறைக்கு முரணான மேற்கண்ட வாய்பாடு அறிவியற் பொருத்தம் உடையதல்ல என்பது வெளிப்படை. இந்த முரண்பாட்டை விளக்க வழியின்றி பலவகையான நொண்டிச் சமாதானங்களை இதுவரை கூறி வந்தனர்.

ஆனால் இந்த வாய்பாட்டை சோமர்பீல்டு பரிந்துரைப்பின்படி

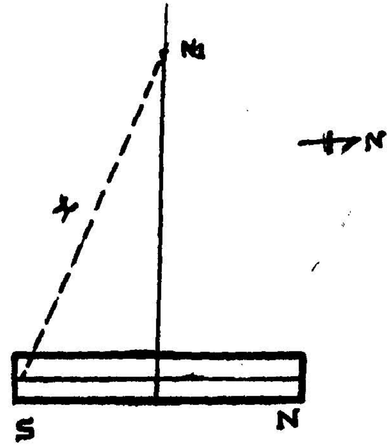
$$F = \frac{\mu}{4\pi} \times \frac{P_1 P_2}{r^2} \text{ அல்லது } F = \frac{\mu_0 \mu r}{4\pi} \times \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

எனக் கொண்டால் கதிரவனைக் கண்ட மூடுபனிபோல் இந்தச் சிக்கல் நீங்கிவிடுகிறது. பாடம் புகட்டும் எளிமைக்காகக் கற்பிதக் காந்தமுனைகளையே கூடத் தவறின்றிக் கையாள

லாம். ஆனால் இந்த வாய்பாட்டின்படி முனைவலிமையின் அலகு ஆம்பியர் மீட்டர் Am ஆகும். மேலும் இதனால், முதலில் குறித்தது போன்ற மின்காந்தவியற் சமன்பாடுகளும், காந்த நிலைப்புச் சமன்பாடுகளும் ஓர்மையுறுகின்றன.

காந்த நிலைப்பியல் (magneto statics)-இல் சில செய்முறைக் கணக்கீடுகளை SI-இல் காணலாம்.* சோமர்பீல்டு பரிந்துரையே இங்குக் கைக்கொள்ளப் பட்டுள்ளது.

கணக்கு 1 : நிலக் காந்தப் புலத்தில், வடமுனை வடக்குநோக்கி உள்ள ஒரு காந்தத்தின் நடுவரைக் கோட்டு நடுநிலைப் புள்ளி, காந்தமுனையில் இருந்து 135.5 mm தொலைவில் உள்ளது: நிலக் காந்தப் பாய அடர்த்தி $B_H = 3{\cdot}636 \times 10^{-5}$T எனின், காந்தத்தின் சுழலத்தைக் கணக்கிடு. காந்தத்தின் முழுநீளம் l = 48 mm எனின் அதன் முனை வலிமையைக் கணி. (காண்க 12.1.21 படம் 95)



படம் 108. வடமுனை வடக்கு நோக்குகையில்

வடமுனை வடக்கு நோக்கி
(North pole pointing North)

நடுமதிப்பு (Mean) $\times = 1355$ mm $= {\cdot}1355$ m.

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{Hm}^{-1}$, $\mu r = 1$

நிலக்காந்தப் புலத்தின் பாய அடர்த்தி
(Flux density of the earths field at
the place of) $B_H = 3.636 \times 10^{-5}$T

$$m = \frac{4\pi}{\mu_0 \mu_r} \times B_H \times X^3 \times \frac{4\pi}{(4\pi \times 10^{-7}) \times 1} \times B_H \times^3$$

* இதுவரை வெளிவந்துள்ள பாடநூல்களும், பல்கலைக் கழக வினாத்தாள்களும் காந்தநிலைப்பியலுக்கான SI அலகுக் கணக்குகளை குறைபாடுடையன வாகவும் தவறுடையனவாகவும் வெளியிட்டு வருவதால் இங்கு கணக்கீடுகள் விளக்கமாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இந்நூலாசிரியனின் Experimental Physics-series-இல் எடுத்தாளப்பட்டவை, இம்மாதிரிக் கணக்குகள்.

$= 10^7 \times B_H \times X^3$
$= 10^7 \times (3{\cdot}636 \times 10^{-5}) \times ({\cdot}1355)^3$
$= 0.9042\ Am^2$

முனைவலிமை (Pole strength) $P = \frac{m}{2l} = \frac{{\cdot}9042}{{\cdot}048} = 18.84\ Am$

கணக்கு 2 : நிலக்காந்தப்புலத்தில் 48 mm முழு நீளம் (2 l) உள்ள காந்தத்துண்டு அதன் வடமுனை தெற்கு நோக்குமாறு வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதற்கான நள்ளி எனப்படும் நடுநிலைப் புள்ளிகள் (neutral points) காந்தத்தின் அச்சுக்கோட்டில் 362 mm இடைவெளியில் அமைகின்றன. காந்தத் துண்டின் சுழலத்தை யும் (m) முனைவலிமை (P)யையும் தீர்மானி. நிலக்காந்தப்பாய அடர்த்தி $B_H = 36.36\ \mu T$ (காண்க 12.1.2: படம் 96)

2. வடமுனை தெற்கு நோக்கி

North pole pointing South

$B_H\ 3.636 \times 10^{-5} T,\ \mu_o = 4\Pi \times 10^{-7}\ Hm^{-1},\ \pi r = 1$
$2d = 362\ mm,\ d = 181\ mm = 0.0181 m$
$2l = 48\ mm,\quad l = 24\ mm = 0.024 m$
$2d = 362\ m \qquad (d+l) = 0{\cdot}205\ m$
$2l = {\cdot}048\ m \qquad (d-l) = 0.157\ m$

$$m = \frac{4\pi}{\mu_o \mu r} \times \frac{B_H \times (d+1\ 1^2)\ (d+1^{-2})}{2d}$$

$$= \frac{4\pi}{(4\pi \times 10^{-7}) \times 1} \times \frac{(3.636 \times 10^{-5})\ (.205)^5 \times (.157)^2}{.362}$$

$= 1.041\ Am^2$

முனைவலிமை (Pole strength) $P = \frac{m}{Z1} = \frac{1.041}{.048} = 21.68 Am$

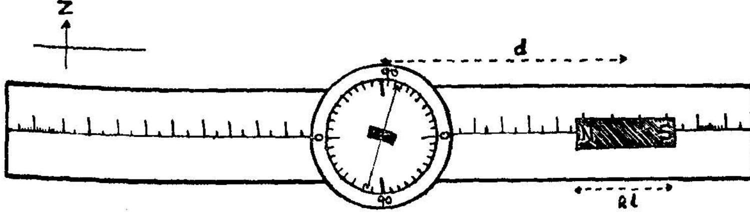
கணக்கு 3 : நிலக்காந்தப்பாய அடர்த்தி $B_H{:}36.36\mu T$ உள்ள இடத்தின் காந்தப் புலவலிமை H எவ்வளவு ?

நிலக்காந்தப் புலக் கிடைத்தள வலிமை (Magnetic field intensity of the earth's horizontal field)

$$H = \frac{BH}{\mu_0 \mu r} = \frac{3.636 \times 10^{-5}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1} = 27.76\ Am^{-1}$$

B_H–நிலக்காந்தப் புலப்பாய அடர்த்தி, $B_H 2 \times 10^{-5} T$ முதல் 5×10^{-5} டெஸ்லா வரை மாறுபடுகிறது.

கணக்கு 4 : தொடுக்கை-A (tan-A) நிலையில் உள்ள விலக்கக் காந்தமானியில் d = 124 mm தொலைவில் உள்ள ஒரு காந்தம் 45° விலக்கத்தை உருவாக்குகிறது. அதன் முனை வலிமையைக் கணி. காந்தத்தின் முழு நீளம் 2l = 38 mm $B_H = 36.36 \mu T$



படம் 109. விலக்கக் காந்தமானி தொடுக்கை A வகை நிலை

தொடுக்கை A வகை நிலை (Tan A Position)

$d = 124mm,\ 2l = 38mm,\ l = 19mm,\ \theta = 45^\circ\ \tan 45^\circ = 1$

$d = .124m$

$l = .019m$

$(d+l) = .143m$

$(d-l) = .105m$

$B_H = 3.636 \times 10^{-5} T$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7},\ \mu_r = 1$

$= \frac{\mu_0\ \mu_r}{4\pi} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{4\pi} = 10^{-7}$

$$K \times \frac{2md}{(d+l)^2\ (d-l)^2} = B_H \tan\theta$$

$$m = \frac{1}{K} \times \frac{(d+l)^2\ (d-l)^2}{2d} \times B_H \tan\theta$$

$$= 10^7 \times \frac{(143)^2 \times (\cdot 105)^2}{2 \times \cdot 124} \times (3.636 \times 10^{-5} \times 1)$$

$$= 0.3305\ Am$$

கணக்கு 5 : தொடுக்கை-B (tan-B) நிலையில் உள்ள விலக்கக் காந்தமானியில் d = 97 mm தொலைவில் உள்ள ஒரு காந்தம் $43^\circ 23'$ சராசரி விலக்கத்தை உண்டாக்கினால் அதன் சுழலத்தைத் தீர்மானி. காந்தத்தின் முழு நீளம் 2l = 38 mm; $B_H = 36.36 \mu T$.

தொடுக்கை B வகை நிலை

(Tan B position:)

$d = 97\ mm = \cdot 097\ m, 2l = 38\ mm,\ l = 19mm =$ [illegible]

$\theta = 43^\circ\ 23';\ \tan\theta = 0 \cdot 9452$

$d^2 = .009409 m^2$

$l^2 = \cdot 000361 m^2$

$(d^2+l^2) = \cdot 009770 m^2$

(இருமடிக்கான அட்ட வணையில் இருந்து

$B_H = 3.636 \times 10^{-5} T$

$\mu_0 = 4\Pi \times 10^{-7}, \mu r = 0$

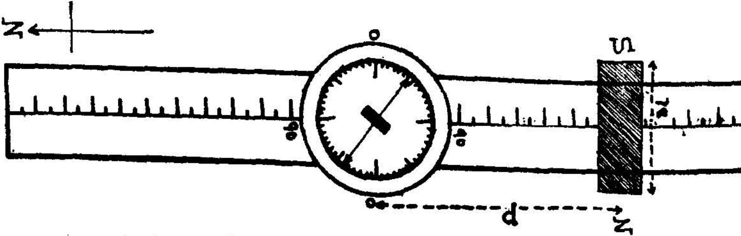
$K = 10^{-7}$ or $\frac{1}{K} = 10^7$

$$K \times \frac{m}{(d^2+l^2)^{3/2}} = B_H \tan\theta$$

$$\text{or, } m = (1/K)(d^2+l^2)^{3/2} \times B_H \tan\theta$$

$$= 10^7 \times (.00977)^{3/2} \times 3.636 \times 10^{-5} \times .9452$$

$$= \cdot 3318 \text{ Am}^2$$



படம் 110. விலக்கக் காந்தமானி தொடுக்கை B-வகைநிலை

கணக்கு 6: விலக்கக் காந்தமானியின் தொடுக்கை—A (tanA) நிலையில், 48 mm முழு நீளம் (L) உள்ள காந்தச் சட்டத்தை 174 mm தொலைவில் இருத்தும்போது உண்டாக்கும் விலக்கம் 45°. நிலக் காந்தப்புலத்தில் தடங்கலின்றி ஆடவிடும் பொழுது அக் காந்தச்சட்டத்தின் சராசரி அலைவு நேரம் t = 3.35 நொடி காந்தத்தின் முழு அகலம் b = 14 mm, நிறை W = 45.73 g எனின் அதன் சுழலத்தையும் (m), நிலக்காந்தப் பாய அடர்த்தி B_H யையும் தீர்மானி.

தொடுக்கை A வகைநிலையில் m/B_H

1. $m l B_H$ in tan A position :

$d = 174\text{mm} = \cdot 174\text{m};\ 2l = 48\text{mm}$ or $l = 24\text{mm}$.

$(d+l) = 174+24 = 198\text{ mm} = 0\cdot 198\text{ m}\ \theta = 45°$

$(d-l) = 174-24 = 150\text{ mm} = 0\cdot 150\text{ m}$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{H m}^{-1},\ \mu r = 1$

$$K = \frac{\mu_0 \mu r}{4\pi} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1}{4\pi} = 10^{-7},\ \frac{1}{K} = 10^7$$

$$\frac{m}{B_H} = \frac{4\pi}{\mu_0\mu_r} \times \frac{(d+1)^2.(d-1)^2}{2d} \times \tan\theta_A$$

$$= \frac{4\pi}{4\pi \times 10^{-7}} \times \frac{(\cdot198)^2\ (\cdot150)^2}{2 \times \cdot174} \times \tan 45$$

$$= 10^7 \times \frac{(\cdot198)^2\ (\cdot150)^2}{\cdot348} \times 1$$

$$= 2\cdot535 \times 10^4 \text{ A m}^2 \text{ T}^{-1} \ (x)$$

2. $m \times B_H$: $t = 3\cdot35$ seconds

$w = 45\cdot73$ g $= 0\cdot04573$ kg.

$L = 48$ mm $= \cdot048$ m, $L^2 = 002304$ m^2

$b = 14$ mm $= \cdot014$m, $b^2 = \cdot000196$ m^2

$(L^2 + b^2) = 002500$ m^2

சடமைச் சுழலம் (Moment of inertia,)

$$1 = w \times \left[\frac{L^2+b^2}{12}\right] = \cdot04573 \times \frac{\cdot0025}{12}$$

$$= 9\cdot526 \times 10^{-6} \text{ Kg m}^2$$

$$m \times B_H = \frac{4\pi^2 I}{t^2}$$

$$= \frac{4^2\pi \times 9\cdot526 \times 10^{-6}}{(3\cdot35)^2}$$

$$= 3\cdot352 \times 10^{-5} \text{ A m}^2 \text{ T } (y)$$

$m \quad = \sqrt{y \times x}$ (m is the dipole moment)

$$= \sqrt{(3\cdot352 \times 10^{-5}) \times 2\cdot535 \times 10^4}$$

$$= 0\cdot9218 \text{ A m}^2$$

$B_H = \sqrt{y \div x}$ (BH பாயஅடர்த்தி)

$$= 3\cdot636 \times 10^{-5} \text{ T}$$

நிலக்காந்தப் புலவலிமை

(Earth's magnetic field intensity)

$$H = \frac{B_H}{\mu_0\ \mu_r} = \frac{3\cdot636 \times 10^{-5}}{4\cdot\pi \times 10^{-7} \times 1} = 27\cdot76 \text{ A m}^{-1}$$

(B_H 2×10^{-5} டெஸ்லா முதல் 5×10^{-5} டெஸ்லா வரை வேறுபடுகிறது)

12.1. (c) மின்காந்த அலகுகள் (ELECTRO MAGNATIC UNITS)

12.1.41. மின்தடை *(electrical resistance—R) :*

மிகு கடத்திகள் தவிர ஏனைய எல்லாப் பொருள்களும் மின்னோட்டத்தை ஓரளவு தடுத்துக்கொண்டே யுள்ளன. இவ்வாறு தடைப்படும் மின்னாற்றலின் பகுதி வெப்ப ஆற்றலாக வெளியிடப்படுகிறது.

மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும் சுற்றில் உள்ள இந்த எதிர்ப்பு **மின்தடை** எனப்படும். இந்தத் தடையின் அளவை வினைக்கும் (வினை—மின்னியக்கு விசை)அதன் பயனான விளைவுக்கும் (விளைவு—மின்னோட்டம்) உள்ள தகவால் அளக்கலாம்.

$$\text{மின்தடை } R = \frac{\text{மின்னியக்கு விசை}, E}{\text{மின்னோட்டம் } I}$$

$$= \frac{\text{வேலை}}{(\text{மின்னோட்டம்})^2} \times \text{நேரம்}$$

வோல்ட்/ஆம்பியர் VA^{-1} என்ற அலகின் சிறப்பலகான ஓம் என்ற அலகால் SI இல் மின்தடை அளக்கப்பெறும்.

இதன் பரிமானம்

$$[R] = \frac{L^2MT^{-3}I^{-1}}{I} \; ; \; [R] = \frac{L^2MT^{-2}}{I^2T}$$

$$= L^2MT^{-3}I^{-2}$$

ஓம் : ஒரு கடத்தியின் இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்வதால் ஒரு நொடியில் ஒரு செளல் வேலை இயற்றப்படும்போது, அப்புள்ளிகளுக்கு இடையில் உள்ள மின்தடை ஓர் ஓம் ஆகும்.

அறிஞர் G.S. ஓம் (G.S.Ohm *1787—1854)* பெயரில் இந்த அலகு பெயரிடப்பட்டது. இதுவும் *1881* இல் கூடிய முதல் மின்னுணுக்கக் குழுவில் *(IEC)* ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது. அலகு : ஓம் குறியீடு Ω (ஓமேகா).

12.1.42. மின் தடையம் (electrical resistivity* $-\rho$)

ஒரு கடத்தியின் மின்தடை R, அதன் நீளத்துக்கு (l) நேர்த்தகவிலும், முகப்பரப்புக்கு (A) எதிர்த்தகவிலும் இருக்கும்.

* 12.1.42, 12.1.43 மின்தடை யெண் specific resistance முதலான சொற்களின் பொருத்தமின்மை முன்னர்ச் சுட்டப்பட்டுள்ளது: *(6.4.1).*

$$R \propto \frac{l}{A} \text{ அல்லது } R = \rho \times \frac{l}{A}$$

இதில் ρ (ரோ) என்பது அக்கடத்தப் பொருளின் மின்தடையம் எனப்படும். எனவே

$$\rho = R. \frac{A}{l}$$

இதன் பரிமானமும் அலகும் முறையே

$$[\rho] = L^3 MT^{-3} I^{-2}; \; \langle P \rangle = \text{ஓம் மீட்டர் } (\Omega m)$$

12.1.43. மின் கடத்துகை (electrical conductance-G)

மின்தடை அதிகமானால் கடத்துகை குறையும்; மின்தடை குறையுமானால் கடத்துகை மிகும். எனவே

$$\text{கடத்துகை, } G = \frac{\text{மின்னோட்டம் } I}{\text{மின்னியக்கு விசை } E} \; ; G = \frac{I}{U}$$

$$= \frac{1}{\text{மின் தடை}}$$

இதன் பரிமானம் $[G] = L^{-2}M^{-1}T^3I^2$ என்பது வெளிப்படை. முன்னர் இதன் அலகு மோ (mho); அஃதாவது தலைகீழ்த்த ஓம். Ohm ஓ+ம் வால் தலையாக்கினால் ம்+ஓ = மோ (mho) இவ்வாறே மெக்ஓம் (ம்+எ+க்+ஓ+ம்) (megohm) என்பது கெம்மோ (gemmho = 10^{-6}℧) என்றும் கூட வழங்கப்பட்டது. இந்தத் தலைகீழ்ப்புக்கு முடிவுகட்டி, வயவர் வில்லியம் சீமென்ஸ் (Sir William Siemens 1822-1883) நினைவாக சீமென்ஸ் என்ற பெயரை 1933 இல் IEC ஏற்றுக்கொண்டது. SI அலகுத் திட்ட வரம்புக்குள் சீமென்ஸ் இன்னும் ஏற்றுக்கொள்ளப் பெறவில்லை யானாலும் இந்த அலகு எங்கும் வழங்கி வருகிறது.

12.1.44. மின் கடத்தம் (electrical conductivity-γ)

தடையின் தலைகீழ் மதிப்பு கடத்துகை; அங்ஙனமே தடையத்தின் தலைகீழப்பு கடத்தம் γ (காம்மா).

$$G = r \frac{A}{l} \text{ அல்லது } r = G \frac{l}{A}$$

எனவே இதன் அலகு சீமன்/மீட்டர் (Sm^{-1}) கடத்தத்தின் பரிமானம் $[\gamma] = L^3M^{-1}T^3I^2$

12.1.45. மின் கொண்மம்* (electrical capacitance-C): அல்லது **தேக்குதிறன்**

கடத்திலிகளால் (insulators) வேறுபடுத்தப்பட்ட கடத்திகளுக்கு இடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலவும்போது, மின்னாற்றல் தேக்கப்படுகிறது. கொண்மம் என்பது மின்னூட்டத்துக்கும் மின்னழுத்தத்துக்கும் ஆன தகவு ஆகும்.

$$\text{கொண்மம் } c = \frac{\text{மின்னூட்டம் } Q}{\text{மின்னழுத்தம் } U}$$

கொண்மத்தின் பரிமானம்

$$[c] = [Q]\,[U]^{-1} = I\,T\,[L^2MT^{-3}\,I]^{-1} = L^{-2}M^{-1}T^4I^2$$

மின்பாய்வுக்கு வலிவூட்டுவது கொண்மம். கொண்மத்தின் அலகு பேரட் (farad-F): ஒரு கூலும் மின்னூட்டம், கொண்மி (capacitor) ஒன்றின் தகடுகளுக்கு இடையிலான மின்னழுத்தத்தை ஒரு வோல்ட் உயர்த்தினால் அதன் கொண்மம் ஒரு பேரட்:

$$1 \text{ பேரட் } F = \frac{\text{கூலும் } C}{1 \text{ வோல்ட் } V}$$

மின்சார இயலின் தந்தையான மைக்கேல் பேரடே (Michael Faraday 1791-1867)யின் நினைவாக 1867இல் லேற்றிமர் கிளார்க் பெயர் சூட்டுங்கால் பேரட்-இன் மதிப்பு, தற்போதைய மைக்ரோ பேரட்-உக்குச் சமமாக இருந்தது. அஃதாவது $\frac{1}{3}$ நாவாய்மைல் நீளமுள்ள கடலாழ் கம்பிவடத்தின் (submarine cable) கொண்மத்துக்குச் சமமாகக் கொள்ளப்பட்டது.

12.1.46. மின் நிலைமம்* என்ற தூண்டலம் (inductance—L):

மின்சாரம் பாயும் ஒரு சுருளைச் சுற்றிலும் காந்தம் புலம் ஏற்படுகிறது. ஒரு சுருட் சுற்றில் மின்சாரப் பாய்வை மாற்றிக் கொண்டே இருந்தால் காந்தப் புலமும் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். இவ்வாறு மாறுபடும் காந்தப்புலத்தில் உள்ள வேறொரு வெறும் சுருளில் மின்னியக்கு விசை உருவாகும்.

* தேக்குதிறன் (conserving power ? accumulating power!) என்ற சொற்கோவையை விட கொண்மம் என்ற ஒரே சொல் பொருத்தமாக உள்ளது. capacity-கொண்மை; capacitance-கொண்மம் (இதில் 'அம்' பெருமைப் பொருட் மின்னொட்டு augmentative suffix) capacitor-கொண்டு வெவ்வேறு கணிசங்களுக்கும் திறன் (power, efficiency) என்ற சொல்லை ஒட்டுவது பொருத்தமாய் இல்லை. மேலும் கம்மிய இயற் கலைச் சொல்லாகக் கொண்மம் தான் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது.

* *12.1.46.* inductance மின்நிலைமம்; எனினும் 'தூண்டு' தூண்டல் (induce) என்ற அடிப்படைச் சொல்லுக்கு 'அம்' என்ற பெருமைப் பொருட் பின்னொட்டை (augmentative suffix) இணைத்துத் தூண்டலம் எனலாம்.

தூண்டு மின்னியக்குவிசையை உண்டாக்கும் இந்தப் பண்பு தூண்டம் எனப்படும்;

$$\text{தூண்டம் } L = \frac{\text{மின்னியக்கு விசை}}{\text{மின்னோட்டம் மாறும் வேணி}}$$

$$[L] = \frac{L^2MTM^{-3}I^{-1}}{IT^{-1}} = L^2MT^{-2}I^{-2}$$

$$\text{இதன் அலகு } \langle L \rangle = \frac{\phi}{I} = \frac{\text{வீபர்}}{\text{ஆம்பியர்}}$$

எனினும் WbA^{-1}-க்குத் தனி அலகுப் பெயராக என்ரி (henry-H) கைக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. 1893 இல் சிக்காகோவில் கூடிய அனைத்துநாட்டு மின்னுணுக்கக் குழு (IEC), அமெரிக்க அறிஞர் சோசப் என்ரி (Joseph Henry 1797-1878)யின் பெயரில் இந்த அலகுப் பெயரை ஏற்றுக் கொண்டது.

(cgs திட்டத்தில் இந்த அலகு 10^9 emக்குச் சமமாக இருந்ததால்—பூமியின் நெடுக்குக் கோட்டுப் பரிதியின்—கால்வட்டம் quadrant என்ற பெயர் வழங்கி வந்தது.)

தூண்டம் வேறுவகைகளாலும் வரையறுக்கப் பெறும்.

$$L = -F_e \frac{dI}{dt}\ ;\ L = \frac{\phi}{I};$$

இவற்றில் F_e -மின்னியக்குவிசை.

இருவேறு சுருள்களுக்கு இடைப்பட்ட தூண்டம் பரிமாற்றுத் தூண்டம் (mutual inductance) எனவும், ஒரு சுருள் தனக்குத் தானே உண்டாக்கிக் கொள்ளும் தூண்டம் தன் தூண்டம் (self inductance) எனவும் வழங்கப்பெறும். சுருள்களின் எண்ணிக்கை N எனின்

$$L = -NF_e \frac{dI}{dt}\ ;\ L = N\frac{\phi}{I}$$

என்றாகும்.

12.1.47. தூண்டமும் புகுமியமும் (inductance and permeance L & Λ):

தூண்டத்தின் பரிமானமும், புகுமியத்தின் பரிமானமும் இங்ஙனமே இவற்றின் அலகுகளும் முற்றொத்து உள்ளன. ஆனால்

$$\frac{\text{தூண்டம்}}{(\text{சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை})^2} = \text{புகுமியம்}$$

ஆயினும் ''சுற்றுகள்'' என்பதற்குப் பரிமானம் ஏதும் இல்லாததால் இவையிரண்டின் பரிமானமும் அலகும் ஒன்றாக உள்ளன. இவை யிரண்டும் ஒன்றுதானா என்பதை ஆயலாம்.

காந்தப் பொருளில் காந்தச் சுற்றை உருவாக்குகின்ற காந்தப்பாயத்தை உண்டாக்க இயல்வது புகுமியம். மாறாக, தூண்டம் என்பது ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டப்பாய் வினால் தூண்டு மின்னியக்கு விசையை உருவாக்க வல்லது: அஃதாவது ஓரலகு மின்னோட்டத்துக்கு உருவாகும் காந்தப் பாயத்தின் அளவைக் குறிக்கும் புகுமியமும் மின்தூண்டலும் ஒரே அளவையுடையனவே. மின்கடத்தம், மின்கொண்மம் போன்றே இவையும் சுற்றுக்கு வலிவூட்ட வல்லன. மின் கடத்தம், மின்தூண்டம். மின்கொண்மம் முதலானவை முறையே மின்னியக்கச் சுற்று, மின்காந்தச் சுற்று, மின்னிலைப் பச் சுற்றுகளுக்கான ஒத்த கனிசங்களாகும்.

இங்ஙனமே, மின்னோட்டத்துக்கு வலிவூட்டும் மின் கடத்துகை, புக்கியன்மை (permeability) இசைவியன்மை (permittivity) என்ற மின்சுற்றை வலிவூட்டும் கனிசங்களின் அலகுகள் முறையே

$$\langle G \rangle = S\ m^{-1};\ \langle \mu \rangle = H\ m^{-1};\ \langle \varepsilon \rangle = F\ m^{-1}$$

என ஓரலகு நீளத்துக்கு மின்சுற்றை வலிவூட்டும் அலகுகளாக அமைவது கவனிக்கத்தக்கது.

12.1.48. மின்சாரக் கனிசங்கள் சிலவற்றின் ஒப்புமை

மின் கடத்துகை G, மின் கொண்மம் C, மின்தூண்டம் L ஆகியவற்றின் ஒப்புமைகளைப் பட்டியல்படுத்தலாம்.

கடத்துகை G	கொண்மம் C	தூண்டம் L
மின்னோட்டம்	மின்னோட்டத்துடிப்பு $\int Idt$	மின்னழுத்தத் துடிப்பு
$I \propto U$	$Q \propto \psi \propto U$	$\int Udt : \phi \propto I$
$I = GU$	$Q = GCU$	$\phi = LI = LIm$
$\langle G \rangle$ S (சீமென்)	$\langle C \rangle = F$ பேரட்	$\langle L \rangle$ H என்ரி
$\frac{I}{A} = \frac{I}{G} \times \frac{U}{l}$	$\frac{\Psi}{A} = \frac{C}{l} \times \frac{U}{l}$	$\frac{\phi}{A} = \frac{L}{l} = \frac{Im}{l}$
அஃதாவது,		
$j = \gamma = E$	$D = \varepsilon E$	$B = \mu H$

கடத்துகை G	கொண்மம் C	தூண்டம் L

இவற்றில்

$j = \frac{I}{A}$ <Am^{-2}>	$D = \frac{\Psi}{A}$ <Cm^{-2}>	$B = \frac{\phi}{A}$ <Wbm^{-2}>
$\gamma = \frac{G}{l}$ <Sm^{-1}>	$\varepsilon = \frac{C}{l}$ <Fm^{-1}>	$\mu = \frac{L}{l}$ <$H\ m^{-1}$>
$E = \frac{U}{l} = -\nabla U$ <Vm^{-1}>	$E = \frac{U}{l} = -\nabla U$ <Vm^{-1}>	$H = \frac{Im}{l}$ <Am^{-1}>
$I = \int jn\ dA$	$\psi = \int DndA$	$\phi = BndA$

இதுவரை மின்சார இயல் கணிசங்களில் முக்கியமானவற்றை விளக்கி அவற்றுக்கான SI அலகுகள் தருவிக்கப்பட்டன. இங்ஙனமே ஏனைய திட்ட அலகுகளையும் தருவிக்கலாம். அதற்கு முன்னோடியாக அந்த அந்தத் திட்டங்களை அறிந்து கொள்ளலாம்.

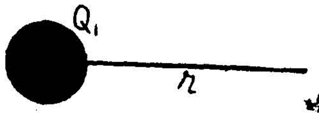
12.2. மின்சார மற்றும் காந்த இயல் அலகுத் திட்டத்தின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்

மின்சார, காந்த இயல் அலகுகள் யாவும் மின்னூட்டங்களுக்கு இடையிலான விசையைப் பற்றிய கூலும் நெறியையும், கற்பனையான தனிக் காந்த முனைகளுக்கு இடையிலான விசையைப் பற்றிய கூலும் நெறியையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டன. கற்பனைத் தனிக்காந்த முனைகள் பற்றிய நெறி கைவிடப்பட்டு, காந்த விளைவுகள் சம மின்சார விளைவுகளாக உறுதிப்பட்ட இக்காலத்தில், கூலும் நெறிக்கு மின்னோட்டம் பாயும் கடத்திகளுக்கு இடையிலான விசை மேற்கொள்ளப் பெற்றுள்ளது.

12.2.1. மின்னிலைப்பியலில் கூலும் நெறி

ஒரு தனித்த புள்ளி மின்னூட்டத்தில் Q_1, இருந்து r தொலைவில் உள்ள புள்ளியில் ஆன மின்சாரப்பாய அடர்த்தி (அஃதாவது மின்பெயர்ச்சி)

$$D \propto \frac{Q_1}{r^2} \text{ அல்லது } D = K_1 \frac{Q_1}{r^2}$$





Q₁ Q₂—மின்னூட்டங்கள்
r = தொலைவு

படம் 111. மின்னிலைப்பியலில் கூலும் நெறி

இந்த மின்பெயர்ச்சி D வெற்றிடத்தில் உருவாக்கும் மின்புலம் E,

$$D \propto E \text{ அல்லது } D = K_2 E$$

என்ற சமன்பாட்டால் வரையறுக்கப்படுகிறது. E புலத்தில் உள்ள பிறிதொரு மின்னூட்டத்தின் (Q_2) மீதான விசை

$$F \propto EQ_2 \text{ அல்லது } F = K_3 EQ_2$$

ஆனால் $E = \frac{1}{K_2} \times D$ அல்லது $E = \frac{1}{K_2} K_1 \frac{Q_1}{r^2}$

எனவே,

$$F = \frac{K_1K_3}{K_2} \times \frac{Q_1Q_2}{r^2}$$

(K_1K_3/K_2) என்ற மாறிலித் தொகுதியை Ke என்ற எழுத்தால் குறிக்கலாம். எனவே

$$F = Ke \times \frac{Q_1Q_2}{r^2} \text{ இதில் } Ke = \frac{K_1K_3}{K_2}$$

12.2.2. காந்தப்புலத்தில் கூலும் நெறி

தனித்த மின்னூட்டங்கள்—மயிர்வாரும் சீப்பிலேயோ அன்றி பட்டுத்துணியில் தேய்த்த கண்ணாடிக் குச்சியிலோ கிடைப்பதைப்போல—தனித்த காந்தவூட்டங்கள் அல்லது காந்தமுனைகள் இயற்கையில் எங்கும் கிடைப்பதில்லை. அவை காந்த இருமுனைகளாகத்தான் விளங்குகின்றன. எனவே $F = Km.\ P_1P_2/r^2$ என்று கூலும் நெறியை இங்கு நாம் மேற்கொள்ளப் போவதில்லை.

மாறாக, எல்லாக் காந்த விளைவுகளும் மின்சார விளைவுகளே எனக் கொண்டு, மின்னோட்டச் செறிவில் இருந்து விசையை அளக்கலாம்: r இடைவெளியில் இணையாகவுள்ள மெல்லிய நீண்ட இரு கம்பிகள் ஒவ்வொன்றிலும் I மின்னோட்டம் பாயும்போது ஒரு கம்பியின் ஓரலகு நீளத்தில் ஏற்படும் விசை (Fe)யைக் கருதலாம்.

மின்னிலைப் பலகுகளில் கூறியவாறே மின்னோட்டம் I, ஒரு காந்தப்புலத்தையும் (H), காந்தப்பாய அடர்த்தியையும் (B), மின்சாரம் பாயும் அடுத்த கம்பியின்மீது விசையையும் (F) உண்டாக்குகிறது.

I_1 மின்னோட்டம் பாயும் நீளம் மிக்க மெல்லிய கம்பியைச் சுற்றிலும் r ஆரத்தில் உள்ள புள்ளியில் காந்தப் புலவலிமை

$$H \propto \frac{I_1}{r} \quad \text{அல்லது} \quad H = K_5 \frac{I_1}{r}$$

இந்தக் காந்தப் புலவலிமை விளைக்கும் காந்தப்பாய அடர்த்தி

$$B \propto H \quad \text{அல்லது} \quad B = K_4 H$$

இந்தப் பாய அடர்த்திப் புலத்துக்குச் செங்குத்தாகவுள்ள மிக நீண்ட மெல்லிய கப்பியில் I_2 மின்னோட்டம் பாய்வதால் இக் கம்பியில் ஓரலகு நீளத்தில் பாய அடர்த்தி விளைவிக்கும் விசை

$$Fe \propto BI_2 \quad \text{அல்லது} \quad Fe = K_6 BI_2$$

$$B = K_5 H; \; H = K_4 \frac{I_1}{r} \; \text{எனவே} \; B = K_4 K_5 \frac{I_1}{r}$$

$$\text{ஆனால்} \quad Fe = K_6 BI_2$$

$$\text{எனவே} \quad Fe = K_4 K_5 K_6 \frac{I_1 I_2}{r}$$

$$\text{இதில் மாறிலி} \quad K_4 K_5 K_6 = Km \; \text{எனின்}$$

$$Fe = Km \frac{I_1 I_2}{r^2}$$

12.2.3. மாறிலிகளும் அலகுத் திட்டங்களும்

பல்வேறு அலகுத் திட்டங்களையும் இலக்கணப் பகுப் பாய்வுக்கு உட்படுத்தினால் இந்த மாறிலிகள் K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6 பெறும் மதிப்புகளுக்குத் தக்க வெவ்வேறு அலகுத் திட்டங்கள் உருவாகின்றன என்பது புலனாகும். இதனைக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணையால் அறியலாம்.

மின்சார இயலின் mksA (r) அலகுத் திட்டம் SI-க்கு ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. ஏனைய மின்சார இயல் அலகுத் திட்டங் களும் மேற்குறித்த திட்டங்களை ஒத்தனவே.

எண்	அலகுத்திட்டம்	K_1	$K_2=\varepsilon_0$	K_3	K_4	$K_5=\mu_0$	K_6
1	mksA(n)	1	$\frac{1}{9\times10^9}$	1	2	10^{-7}	1
2	cgs-Bi (n)orEMU	1	$\frac{1}{9\times10^{20}}$	1	2	1	1
3	cgs-Fr(n)orESU	1	1	1	2	$\frac{1}{9\times10^{20}}$	1
4	mksA(r)	$\frac{1}{4\pi}$	$\frac{1}{4\pi\times9\times10^9}$	1	$\frac{2}{4\pi}=\frac{1}{2\pi}$	$4\pi\times10^{-7}$	1
5	cgs-Bi(r)	$\frac{1}{4\pi}$	$\frac{1}{4\pi\times9\times10^{20}}$	1	$\frac{2}{4\pi}=\frac{1}{2\pi}$	4π	1
6	cgs-Fr(r)	$\frac{1}{4\pi}$	$\frac{1}{4\pi}$	1	$\frac{2}{4\pi}=\frac{1}{2\pi}$	$\frac{4\pi}{9\times10^{20}}$	1
7	cgs(3) கௌசியத்திட்டம்	1	1	1	$\frac{2}{3\times10^{10}}$	1	$\frac{1}{3\times10^{10}}$

8 HLU (cgs)	$\frac{1}{4\pi}$	1	1	$\frac{2}{4\pi\times3\times10^{10}}$	1	$\frac{1}{3\times10^{10}}$
9 cgs-நடைமுறை(n)	1	$\frac{1}{9\times10^{11}}$	1	$\frac{2}{10}=\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{10}$
10 cgs-நடைமுறை(r)	$\frac{1}{4\pi}$	$\frac{1}{4\pi\times9\times10^{11}}$	1	$\frac{2}{40\pi}=\frac{1}{20\pi}$	4π	$\frac{1}{10}$

mksA — மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி, ஆம்பியர் அலகுத்திட்டம்
cgs — சென்டிமீட்டர், கிராம், நொடி அலகுத்திட்டம்
HLU — எவிசைடு லாரண்ட்சு அலகுகள்
Bi — பயாட்; Fr — பிராங்க்ளின்
(n) — சீராக்கப்படாதது; (r) — சீராக்கப்பட்டது
2.997 9250×10 இன் தோராயமதிப்பு 3×10^{10}

12.3. cgs மூன்றலகுத் திட்டங்கள்

நீளம், நிறை, நேரம் என்ற மூன்று அடிப்படைக் கணிசங்களின் அலகுகளாலேயே எல்லா இயல்களின் கணிசங்களையும் அளக்கலாம். இக் கருத்துப்படியே, விசையியலில் பயன்பட்ட செண்டிமீட்டர், கிராம், நொடி என்ற அலகுகள் மின்சார இயலின் கணிசங்களையும் அளக்கப் பயன்படுகிறது.

எனினும் மின்சார இயலில் மின்னூட்டங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டால் ஒரு கணிசத்துக்கு ஒரு பரிமாணமும், கற்பிதக் காந்தவூட்டங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டால், அதே கணிசத்துக்கு வேறொரு பரிமாணமும் உருவாகிறது. எனவே மின்னூட்டங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டவை மின்னிலைப்பியல் அலகுகள் (eletrostatic units-esu) எனவும், காந்தவூட்டங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டவை மின்காந்த அலகுகள் (electromagnetic units-emu) எனவும் ஒரே முறையில் ஓர் இயலுக்கே இரு வேறு அலகுத் திட்டங்கள் வழக்கத்துக்கு வந்தன.

12.3.1. மூன்றலகு மின்னிலைப்பியல் அலகுத் திட்டம் (electrostatic units esu ε)

கூலூம் நெறியின் K_1, K_2, K_3 என்ற மாறிலிகளின் மதிப்பை 1 ஆக்கி மூன்றலகு மின்னிலைப்பியல் திட்டத்தை உருவாக்கலாம்.

$K_1 = K_2 = K_3 = 1$ எனவே

$[D]_{esu(3)} = [E]_{esu(3)} = M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1}$ என ஆகும்.

இத்திட்டத்தின் அலகுகளை உருவாக்கும் முறையாவது ;

(1) மின்னூட்டம் Q கூலும் நெறிப்படி

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{[Q^2]}{[L^2]}$$

எனவே $[Q]^2 = FL^2 = MLT^{-2} L^2$

$$[Q] = F^{\frac{1}{2}} L = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}$$

(2) மின்னழுத்தம் $U = \frac{\text{வேலை } W}{\text{மின்னூட்டம் } Q} = \frac{[FL]}{[F^{1/2} L]} = F[^{1/2}]$

$$[U] = F^{1/2} = M^{1/2} L^{1/2} T^{-1}$$

(3) மின்னோட்டம் $I = \frac{dQ}{dt}$

எனவே இதன் பரிமானம் $[I] = F^{\frac{1}{2}} LT^{-1} = M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}}T^{-2}$

இங்ஙனமே ஏனையவற்றின் பரிமானங்களைப் பயிற்சியாகக் கணக்கிட்டுப் பார்க்கலாம்.

12.3.2. மூன்றலகு மின்காந்த அலகுத் திட்டம் (electro-magnetic units-emu)

முன்பு கண்ட, மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தும் விசை குறித்த சமன்பாட்டில் $K_4 = K_5 = K_6 = 1$ எனக் கொண்டு அமைத்த திட்டம் [emu 3] ஆகும்.

$$K_5 = \mu_0 = 1 \text{ ஆனதால் } \varepsilon_0 = \frac{1}{C^2}. \quad K_4 = K_5 = K_6 = 1;$$

எனவே $[H] = [B]$. இவற்றில் இருந்து காந்தப்புலக் கூறும் நெறிப்படி (12.2.2.)

$$\left[\frac{F}{L}\right] = \left[\frac{I^2}{L}\right]$$

அல்லது $[I] = F^{\frac{1}{2}}$

$$[Q] = IT = F^{\frac{1}{2}}T = M^{\frac{1}{2}}F^{\frac{1}{2}}$$

எனவே மூன்றலகு மின்காந்த அலகுத் திட்டப்படி

(1) மின்னூட்டம் :

$$[Q] = F^{\frac{1}{2}} T = M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{1}{2}}$$

(2) மின்னழுத்தம்

$$[U] = \frac{W}{Q} = \frac{FL}{F^{1/2}T} = F^{\frac{1}{2}}LT^{-1} = M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{3}{2}}T^{-2}$$

(3) மின்னோட்டம்

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$[I] = F^{\frac{1}{2}}T \div T = F^{\frac{1}{2}} = M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{1}{2}}T^{-1}$$

என முன்னரே அறிவோம்.

இங்ஙனமே ஏனையவற்றின் பரிமானங்களையும் இந்த அலகுத் திட்டத்தில் கணக்கிட்டுப் பார்க்கலாம்,

12.3.3. cgs மூன்றலகு மின்னிலைப்பு அலகுகளும் மின்காந்த அலகுகளும்

ஒரு கணிசத்தின் அலகை இந்த இரு வேறு திட்டங்களிலும் வருவித்தால், அக்கணிசத்தின் அலகுகள் c, c^2, $1/c$, $1/c^2$ (c ஒளியின் கதி) என்ற தகவில் அமைந்திருக்கும்.

12.3.4. மூன்றலகு சமச்சீர் கௌசியத் திட்டம் (Symmetrical Gaussian System)

மூன்றலகு மின்னிலைப்பு அலகுத் திட்ட அளவீடு மின்சார இயலுக்கோ அன்றி மின்காந்த இயலுக்கோ தக்க பயன் அளிக்காது; அங்ஙனமே மின்காந்த அலகுத் திட்டம் மின்னிலைப் பியலில் பயன்பெறவில்லை. இவையிரண்டையும் ஒருங் கிணைத்த ஒரு திட்டமே மூன்றலகு (cgs)—சமச்சீர் கௌசியத் திட்டம் என்பது. இத்திட்டத்தில் $K_2 = \varepsilon_0 = 1$ ஆக்கியதோடல் லாமல் $K_5 = \mu_0 = 1$ என்றும் ஆக்கப்பட்டது; எனவே இத்திட்டத் தின் மின்சார இயலுக்குக்கான அலகுகள் ESU (3) அலகுகளை யும் மின்காந்தம் மற்றும் காந்த இயலுக்கான அலகுகள் EMU (3) அலகுகளையும் முற்றொத்து இருந்தன.

12.1. இல் குறிப்பிட்ட ஒவ்வொரு கணிசத்துக்கும் முன்பு காட்டியவாறே இதன் பரிமானங்களைக் கணக்கிட்டு; பின்னி ணைப்பு அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்ட cgs பரிமானங்களைக் கொண்டு சரிபார்த்துக் கொள்ளலாம்.

12.3.5. எவிசைட் லாரன்ட்சு திட்டம்

இது சீராக்கப்பட்ட மூன்றலகு cgs அலகுத்திட்டம். இது 12.5. இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

12.3.6. மூன்றலகுத் திட்டத்தின் குறைபாடு

இந்த மூன்றலகுத் திட்டங்களை cgs Bi cgs Fr, அல்லது mks A திட்டத்துடன் ஒரியன்மை படுத்த இயலாது. மேலும் மின்னிலைப்பு அலகுகளுக்கும் மின்காந்த அலகுகளுக்கும் ஆன பரிமான வாய்பாடுகள் பொருந்தி வரவில்லை. எனவே அளவீட்டு ஒரியன்மையைக் கருதி மின்சார இயலுக்கு என ஒரு சிறப்புக் கணிசத்தை நான்காவது அடிப்படைக் கணிசமாகவும் (அதன் வழியில் ஓர் அலகையும்) கைக்கொள்ள வேண்டும் என வலியுறுத்தப்பட்டு வந்தது. இக் கருத்து நான்கலகுத் திட்டத் துக்கு அடிகோலியது.

அடிப்படைத் தேவைக்கும் குறைந்த மூன்றே மூன்று அலகு களைக் கொண்டு, மின்சார இயலை அளப்பதால் அதன் அலகீடு குறைபாடு நிறைந்ததாக விளங்குகிறது. இதனாலேயே மின் னிலைப்பியல் (அல்லது சுருக்கமாக மின்சார இயல்) வழியிலான அலகுகளுக்கும் மின்காந்தவியல் (அல்லது சுருக்க மாக காந்தவியல்) வழியிலான அதே அலகுகளுக்கும் ஒளியின் கதி (velocity of light) மடங்குகளில் c, c^2, 1/c $1/c^2$ எண் மதிப்பில் வேறுபாடு நிலவுகிறது. அடிப்படைத் தேவைக்கும் குறைந்த அலகுகளால் அளப்பதால் இத்தகைய குறைபாடு உரு வாகும் என்பதை அறிஞர் J. வேல்லட் (J. Wallot) காட்டிய மேற்கோள் ஒன்றால் விளக்கலாம் :

விசையியலை அளக்கக் குறைந்தது மூன்று கணிசங்களுக்கான அலகுகள் தேவை. நாம் நிறைக்கான அலகை விட்டுவிட்டு, நீளம், காலம் என்ற இரண்டு கணிசங்களுக்கான அலகுகளை மட்டுமே கைக்கொண்டு விசையியற் கணிசங்களை அளப் போம். (அடிப்படையலகு ஒன்றைமட்டும் கொண்டு அல்லது ஒன்றும் இல்லாமலும் கூட அறிவியல் அளவீட்டை மேற்கொள்ள இயலும். காண்க: 5. 3. 4)

(செம்பு போன்ற) படித்தரமான பொருளின் அடர்த்தியை அல்லது அதன் எங் குணிதத்தை (Young's modulus–E) 1-என ஆக்கி, நிறைக்கான அலகை நீக்கலாம். இதன் வழியில் செம்புத்தண்டு, ஒன்றின் நிறையை வருவிக்கலாம். நிறை இதில் வருவித்த அலகு.

அடர்த்தி $\rho = \frac{m}{V}$ ஆனால் $\rho = 1$ எனவே $m = m_1 = V$

ஒரு திடப் பொருளில் நெடுக்கலையின் கதி Velocity of longitudinal wave-c) கான சமன்பாடு

$$C^2 = \frac{E}{\rho} = \frac{EV}{m} \therefore \rho = \frac{m}{V}$$

ஆனால் $E = 1$ எனவே $C^2 = \frac{V}{m}$ அல்லது $m = m_2 = \frac{V}{C^2}$

அஃதாவது $\frac{m_1}{m_2} = C^2$ அல்லது $\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{C^2}$

இன்றியமையாத ஓர் அடிப்படை அலகை, அலகுத் தொகுதி யில் கைக்கொள்ளாமல் நீக்கியதால் ஒரே அலகுத்திட்டத்தில்

இருவேறு மதிப்புகளை வந்ததைப் போலவே, மின்சார இயலிலும் ஒரே அலகுத் திட்டத்தில் இருவேறு அலகு மதிப்புகள் உருவாயின.

12.4. cgs நான்கலகுத் திட்டங்கள்

மூன்றலகுத் திட்டம் மின்சார இயலில் முழுமையாகப் பயன்தராததை யறிந்து மின்சார இயலுக்கென ஒரு சிறப் பலகைக் கொண்ட நான்கலகுத் திட்டம் உருவாக்கப்பட்டது.

இதற்காக esu (3) திட்டத்துடன் ε_0 ஒரு பரிமானமாகவும், இவ்வாறே emu (3) திட்டத்தில் μ_0 ஒரு பரிமானமாகவும் முறையே கைக்கொள்ளப் பெற்ற cgs εo திட்டமும், cgsμ_0 திட்டமும் நடைமுறைப் படுத்தப்பட்டன. cgsμ_0, cgse, csu, csu (4) எனவும், cgsμ_0, cgsm, emu, emu, (4) எனவும் குறிக்கப் பெறும்.

மின்சார இயற் கணிசமான மின்னூட்டம் Q, மின்னோட்டச் செறிவு I, மின்தடை R முதலானவற்றுள் ஏதாவதொன்றை ஓர் அடிப்படைக் கணிசமாகக் கொள்வதும் மிகுந்த பயன் அளிக்கக்கூடியது ε_0, μ_0, Q, I, R ஆகிய கணிசங்களுள் கூலும் நெறிப்படி Q (அல்லது I) இருபடியில் வருவதால் இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டால் பரிமானங்கள் பின்னமின்றி அமையும். மின்னோட்டச் செறிவை I கைக்கொள்வதாலும் இதே பயனைப் பெறலாம். எனினும் மின்னூட்டம், மின்சார இயலின் அடிப்படைக் கொள்கையாக (basic concept) அமைவ தாலும், காலாகாலமாக நடைமுறைப் பயன்தந்து வந்திருப்ப தாலும் மின்னூட்டத்தை நான்காவது அலகாகக் கைக் கொள்ளலாம். ஆயினும் தற்போது மின்னூட்டத்தை வரை யறுக்கும் அடிப்படைக் கணிசமாக மின்னோட்டச் செறிவு I விளங்குவதால் I-ஐக் கைக்கொள்வது உகந்தது. இதனைக் கைக்கொண்டாலும் பரிமானங்கள் பின்னமின்றிஅமையும்.

இருந்தபோதிலும் மின்னோட்டச் செறிவும் μ_0 என்ற மாறிலியின் அடிப்படையில் வரையறுக்கப்படுவதால் μ_0-ஐக் கைக்கொள்ளவேண்டும் என்ற கருத்து நிலவியது.

இவ்வாறு வெவ்வேறு மின்சார இயற் கணிசங்களையும் அவற்றின் பரிமானங்களையும் கைக்கொண்டு பலவகை அலகுத் திட்டங்கள் உருவாயின. இவற்றுள் முக்கிய மிக்கனவற்றைக் காணலாம்.

12.4.1. LMT ε_0 திட்டம்

(நான்கலகு மின்னிலைப்பியல் திட்டம்) : நீளம், நிறை, நேரம் என்ற மூன்று கணிசங்களோடு மின்சார மாறிலி ε_0-ஐயும் ஒரு கணிசமாகக் கொண்ட திட்டம் இது. cgs அலகுகளைப் பயன்படுத்தும்போது இது cgs ε_0 அலகுத்திட்டம் எனவும் mks அலகுகளைப் பயன்படுத்தும்போது mks ε_0 அலகுத்திட்டம் எனவும் வழங்கப்பெறும். இத்திட்டங்களில் மின்னூட்டங் களுக்கான கூலும் நெறியில்

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\varepsilon_0 r^2}$$

ε_0-ஒரு பரிமான மாறிலியாகக் கருதப்படுகிறது. எனவே

$$[F] = \frac{[Q]^2}{[\varepsilon_0][L^2]} \qquad LMT^{-2} = \frac{[Q]^2}{[\varepsilon_0][L^2]}$$

அல்லது $[Q] = F^{\frac{1}{2}} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}} L \qquad [Q] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$

மின்னூட்டத்தின் பரிமானத்தை அறிந்தாயிற்று. இதன் அடிப்படையில் 12.1. இல் உள்ள ஏனைய கணிசங்களின் பரிமானங்களை அந்தந்த வரையறைச் சமன்பாடுகளின் உதவி யால் எளிதே அறியலாம். இதனைப் பயிற்சியாகக் கொண்டு, இறுதியில் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள மதிப்புகளுடன் சரிபார்த்துக் கொள்ளலாம். இந்தத் திட்டத்தில் $\{\varepsilon_0\}$-இன் மதிப்பு = 1. எனவே $\{\mu_0\} = 1/c^2$ ஆகும்.

மின்சார நிலைப்பியற் கணிசங்களின் அலகுகளுக்கு இத் திட்டம் பெரிதும் பயன்பெறும். மின்னூட்டம், மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் முதலான அலகளுக்கு இத்திட்டத்தில், **நிலைக்கூலும்** (stat coulomb), **நிலை ஆம்பியர்**, **நிலை வோல்ட்**, **நிலை ஓம்** என **நிலை** அல்லது **நிலைப்பு** என்ற முன்னோட்டுடன் பெயர் கொடுக்கப்பட்டன. cgsε_0 மற்றும் cgs μ_0 இரண்டு அலகுத் திட்டங்களும் **சார்பிலா அலகுத் திட்டங்கள்** (absolute systems) எனப்பெறும்.

cgs ε_0 திட்டத்தில் மின்னிலைப்பியல் (electro statics) பகுதிக்கான சில அலகுகளின் பரிமானங்களை வருவிப்போம். எல்லா அலகுகளும் நடைமுறைப் பயனை அளிப்பதில்லை யாதலால் தேவையான சிலவற்றை மட்டும் பார்க்கலாம்.

1. மின்னூட்டம் electric charge $Q = It$ இதன் பரிமானம்

$$[Q] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$$

இதன் அலகு நிலைக் கூலும் எனப்படும் ஸ்டட்கூலும் stat-coulomb) "இது வெற்றிடத்தில் 1 சென்டிமீட்டர் தொலைவில் உள்ள இரு ஒத்த சம மின்னூட்டங்கள் 1 டைன் விசையுடன் எதிரிக்குமானால், ஒன்றின் மின்னூட்டம் ஓரலகு மின்னிலைப் பியல் ஊட்டம்'' என வரையறுக்கப் பட்டிருந்தது. இது நிலைக் கூலும் அல்லது ஸ்டட்கூலும் (stat coulomb) எனவும் வழங்கப் பெற்றது. பின்னர் 1961 இல் இருந்து இதற்கு பெஞ்சமின் பிராங்க்ளின் பெயரில் பிராங்க்ளின் (Fraukl1n-Fr) என்ற பெயர் வழங்கி வருகிறது.

$$1 \text{ state } C = 1 \text{ Fr} = \frac{1}{C^*} \text{ abc} = \frac{10}{C} \text{ A (ஆம்பியர்)}$$

2. மின்னூட்ட அடர்த்தி charge density $\sigma = Q \div A$ இதன் பரிமானம் $[\sigma] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$ அலகு $<\sigma>$ = நிலைக் கூலும்/செமீ^{2} (static cm^{-2})

$$1 \text{ stat C } cm^{-2} = \frac{1}{C} \text{ abc } cm^{-2} = \frac{1}{3 \times 10^{13}} \text{ Cm}^{-2}$$

3. மின்னோட்டம் current intensity $I = Q \div t$

$[I] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$. மின்னிலைப்பியலின் ஓரலகு மின்னூட்டம் நிலை ஆம்பியர் எனப்படும். இதனை பிராங்க்ளின்/நொடி ($Fr\ s^{-1}$) எனலாம்.

$$1 \text{ நிலை ஆம்பியர்} = \frac{1}{C} \text{ சாரா ஆம்பியர்} = \frac{10}{C} \text{ ஆம்பியர்}$$

4. மின்னோட்ட அடர்த்தி (current density) $j = I \div A$

$[j] = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$ அலகு $<j>$ = stat A cm^{-2}

$$1 \text{ stat A } cm^{-2} = \frac{1}{C} \text{ ab A } cm^{-2} = \frac{1}{3 \times 10^{13}} \text{ Am}^{-2}$$

5. மின்னியக்கு விசை electromotive force $F_e = U = W \div Q$ மின் அழுத்தத்துக்கு உரிய அதே அலகும் பரிமானமும்;

*(i) $c = 2.997\ 925 \times 10^{10}$ cm/s

6. மின்னழுத்தம் electric potential $U = W \div Q$

$[W] = L^2MT^{-2}$; $[Q] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$ எனவே

$[U] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{-\frac{1}{2}}$

ஒரு புள்ளியிலான மின்னழுத்தம் (U), ஓரலகு நேர் மின்னூட்டத்தை (F_r) ஈறற்ற தொலைவில் இருந்து அப் புள்ளிக்குக் கொண்டுவரத் தேவையான **வேலையின் மதிப்பால்** அளக்கப் பெறும்.

$$\int_{\infty}^{r} dv = -\frac{Q}{x^2}\,dx; \quad \text{அல்லது } V = \frac{Q}{x} = Q\left[\frac{1}{x}\right]_{\infty}^{r} = \frac{Q}{r}$$

ஒரு பிராங்க்ளின் மின்னூட்டத்தைக் கொணர ஓர் எர்கு வேலை நடைபெறும்போது மின்னழுத்தம் ஒரு **நிலை வோல்ட்** (stat V) ஆகும்.

$1 \text{ stat V} = C \text{ ab V} = 300 \text{ V}$

7. மின்தடை electrical resistance $R = U \div I$

$[U] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{-\frac{1}{2}}$; $[I] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$ எனவே

$[R] = L^{-1} T \varepsilon_0^{-1}$. இதன் அலகு நிலை ஓம்.

$$\text{stat } \Omega = \frac{1 \text{ stat V}}{\text{stat A}} = \frac{C \text{ abV}}{1/C \text{ abA}} = \frac{300 \text{ V}}{(10/c)\text{A}}$$

$1 \text{ stat } \Omega = c^2 \text{ab } \Omega = 30 \times c\Omega$

8. மின்தடையம் (resistivity) $\rho = R.A \div l$

$[\rho] = T \varepsilon_0^{-1}$ அலகு $<\rho>$ = நிலைவோம் செமீ.

9. மின் கடத்துகை conductance $G = I \div u$

$[G] = LT^{-1}\varepsilon_0$. இதன் அலகை $<\rho>$ நிலைசீமென் **என்போம்.**

10. மின்கடத்தம் conductivity $\nu = GA \div l$

எனவே $\gamma = L^2T^{-1}\varepsilon_0$

11. **மின் கொண்மம்** electrical capacitance $C = Q \div U$

$[Q] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$; $[U] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \varepsilon_0^{\frac{1}{2}}$ எனவே

$[C] = L\varepsilon_0$. இதன் அலகு நிலைபேரட் (stat farad)

$$\text{நிலைபேரட்} = \frac{\text{நிலைக்கூலும்}}{\text{நிலைவோல்ட்}} = \frac{(1/c)\text{ abc}}{c\text{ abv}} = \frac{(10/c)A}{300v}$$

$$\text{நிலைபேரட்} = \frac{1}{c^2}\text{ சாரா பேரட்} = \frac{1}{30c}\text{ பேரட்}$$

இங்ஙனமே ஏனையவற்றைக் கண்டு கொள்ளவும்.

12.4.2. LMTμ_0—திட்டம் (நான்கலகு மின்காந்தவியல் அலகுத் திட்டம்)

மூன்று அடிப்படைக் கணிசங்களுடன் நான்காவதாக μ_0-ஐ ஓர் அடிப்படைக் கணிசமாகக் கொண்டு அதற்கான அலகுகளைப் பயன்படுத்தி cgsμ_0, mksμ_0 அலகுத் திட்டங்களை உருவாக்கலாம். LMT ε_0 திட்டமும் LMTμ_0 திட்டத்தைப்போல் சார்பிலாத் திட்டம்தான். இருந்தபோதிலும் LMTμ_0 (cgsμ_0, mks μ_0) திட்டம் மட்டுமே **சார்பிலா அலகுத் திட்டம்** என விதந்து உரைக்கப்படுகிறது.

காந்தவியலுக்கான 'பழைய' கூலும் நெறிப்படி r இடைவெளியில் உள்ள காந்த முனைகள் P_1, P_2க்கு இடையிலான விசை

$$F = \frac{P_1 P_2}{\mu_0 r^2}$$

பரிமானப் பகுப்பாய்வுக்கு உட்படுத்தினால்

$$[F] = \frac{[P]^2}{\mu_0 L^2} \qquad LMT^{-2} = \frac{[P]^2}{\mu_0 L^2}$$

$$[P] = F^{\frac{1}{2}} L \mu_0^{\frac{1}{2}} \qquad [P] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{காந்தமுனை } [P] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{காந்தப்புலச்செறிவு } \mathbf{H} = \frac{\text{விசை}}{\text{முனைவலிமை}}$$

$$[H] = \frac{LMT^{-2}}{L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}} = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$$

இதன் வழியில், $H = \frac{2I}{r}$ என்ற சமன்பாட்டால் மின்னோட்டத்தின் பரிமானத்தைத அறியலாம்;

$$I = \tfrac{1}{2} Hr\text{ ; எனவே } [I] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$$

நமது அறிவியல் துறையில் காந்தம், மின்காந்தம் முதலான பேரளவு இயலில் பயன்பட்டுவந்த—வரும் அலகுத் திட்டம் இது வாதலால் இத்திட்டக் கணிசங்களின் அலகுகளையும் பரிமானங் களையும் விளக்கமாக அறிவது நல்லது :

(1) **மின்னூட்டம்** (electric charge Q);

$Q = It.$ எனவே $[Q] = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0^{-\frac{1}{2}}$

இதன் அலகு அப்கூலும் (abcoulomb). இது **சாரா கூலும் அல்லது சார்பிலாக் கூலும்** என்றும் வழங்கப்படும்.

ஒரு நொடியில் ஓர் அப்ஆம்பியரால் கடத்தும் மின்னூட்டத் தின் அளவு ஓர் அப்கூலும்.

1 அபாம்பியர் = 10 ஆம்பியர்; Q = It எனவே

1 அப்கூலும் = 10 கூலும் = 3×10^{10} *ஸ்டட்கூலும்*

1 abc $= 3\times10^{10}$ stc $= 10$C

அப்கூலும், **பயாட்-நொடி** என்றும் வழங்கப்படும்

2. **மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி**-σ

$$\sigma = Q\div A = \left[L^{-\frac{2}{3}}M^{\frac{1}{2}}\mu_o^{-\frac{1}{2}}\right]$$

இதன் அலகு abc/cm² $= 10000$cm^{-2}

3. **மின்னூட்டப் பருமடர்த்தி**-ρ

$$\rho = Q\div v = \left[L^{\frac{2}{3}}M^{\frac{1}{2}}\mu_o^{-\frac{1}{2}}\right]$$

$<\rho> =$ abc/cm³ $= 10^6$cm^{-3}

4. **மின்னிலைப்பச்சுற்று,** *12.1.4. இல் காண்க*

5. **மின்புலம்** *12.1.5 இல் காண்க*

6. **மின்புலவலிமை** electrical field intensity $E = f\div Q$

$[f] = LMT^{-2}$; $[Q] = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0^{-\frac{1}{2}}$ எனவே

$[E] = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\mu_0^{\frac{1}{2}}$

அப்வோல்ட்/செமீ-ஐ இதன் அலகாகக் கொள்ளலாம்.

$$1 \text{ abv cm}^{-1} = \frac{1}{300\times10^8} \text{ stV em}^{-1}\ 10^{-4}\text{Vm}^{-1}$$

7. **மின்சாரப்பாயம்** electrical flux ψ = It

மின்னூட்டத்தின் பரிமானமே இதற்கும் வழங்கப்பெறும்.

$[\psi] = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0$. இதன் அலகு $<\psi>$ = அப்கூலம் = பயாட்நொடி

1 Bis = 3×10^{10} Fr = 10c

8. **மின்பாய அடர்த்தி** electrical flux density D = $\psi \div A$

இதன் பரிமானம் $[D] = L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0^{-\frac{1}{2}}$

அலகு $<D>$ = Bi s cm^{-2} = 3×10^{10} Fr cm^{-2} = $10^5 cm^{-2}$

9. **இசைவியன்மை** permittivity $\varepsilon = D \div E$

$[D] = L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0^{\frac{1}{2}}$; $[E] = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\mu_0^{\frac{1}{2}}$

எனவே $[\varepsilon] = L^{-2}T^{2}\mu_0^{-1}$, இதன் அலகு

$<\varepsilon>$ = அப்பேரட்/செமீ

$$<\varepsilon> = \frac{\text{அப்பேரட்}}{\text{செமீ}} = \frac{10^{9}\ \text{பேரட்}}{10^{-2}\ \text{மீட்டர்}} = 10^{11}\ \text{பேரட்/மீட்டர்}$$

(10) **மின்கடத்திலி முனைவாக்கம்** dielectric polarization

$$P = \frac{\text{மின்சார இருமுனைச் சுழலம் p}}{\text{பருமம் V}}$$

$[P] = L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}};\mu_0^{\frac{1}{2}}[V]L^{3}$ எனவே

$[P] = L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0^{-\frac{1}{2}}$

(11) **மின் கடத்திலியின் ஏற்புத்திறன்** dielectric susceptibility $X_e = Pe \div E$

$[Pe] = L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0^{-\frac{1}{2}}$; $E = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\mu_0^{\frac{1}{2}}$

எனவே $[Xe] = L^{-2}T^{2}\mu_0^{-1}$

(12) **மின்கடத்திலி ஏற்புத்திறனும் ஒப்பு இசைவியன்மையும்** 12.1.12 இல் காண்க.

$\varepsilon_r = 1 + \frac{Xe}{\varepsilon_0}$; $\{\varepsilon_0\} = 1$

எனவே $\varepsilon_r = 1 + X_e$

(13) **மின்னாக்கம்** (electrization) Ei

$$D = \frac{\varepsilon_0}{4\Pi}[4\pi E + Ei] \text{ அல்லது } Ei = \frac{4\pi D}{\varepsilon_0} = 4\pi E = 4\pi(\frac{D}{\varepsilon_0} - E)$$

இவற்றில் D—மின்சார இடப்பெயர்ச்சி ;
E—மின்சாரப் புலவலிமை ε_0-மின்சார மாறிலி

$$[Ei] = [E] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \mu_0^{\frac{1}{2}}$$

(14) **மின்னழுத்தம்** (electric potential-U) = W ÷ Q

(15) **மின்னழுத்த வேறுபாடு** electric potential difference-U

ஓரலகு மின்காந்த அலகு மின்னூட்டத்தை ஒரு புள்ளியில் இருந்து மறு புள்ளிக்குக் கொணர ஓர் எர்கு வேலை செய்யப் பட்டால் அவ்விரு புள்ளிகளுக்கும் இடைப்பட்ட மின்னழுத்தம் ஒரு மின்காந்த அலகு மின்னழுத்தம் ஆகும். இந்த அலகு **அப்வோல்ட்** (abvolt) என அழைக்கப்பெறும்.

$$1 \text{ அப்வோல்ட்} = \frac{1}{3 \times 10^{10}} \text{ ஸ்டட் வோல்ட்} = 10^{-8} v$$

$$U = W \div Q; \quad [W] = L^2MT^{-2}; \quad [Q] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$$

எனவே $[U] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \mu_0^{\frac{1}{2}}$.

(16) **மின்னியக்குவிசை** electromotive force என்பது ஒரு மின்னாற்றல் மூலத்தின் மொத்த மின்னழுத்த வேறுபாடு ஆகும்.

(17) **மின்னியக்கு விசைக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டுக்கும்** உள்ள ஒப்புமை 12.1.17 இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

(18) **மின்னோட்டம்** (electric current) $I = \frac{1}{2} Hr$

$$I = \frac{1}{2} Hr \quad [H] = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}; \quad [r] = L$$

எனவே $[I] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}$

மின்னோட்டத்தின் அலகு **அப் ஆம்பியர்** ; இதன் வரையறை : 1 சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள கடத்தி 1 சென்டிமீட்டர் ஆரமுள்ள வட்டத்தின் பரிதியாக உள்ளபோது வட்ட மையத்தில் 1 எர்ஸ்டெட் காந்தப்புலத்தை ஏற்படுத்த கடத்தியின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம் 1 அப் ஆம்பியர் எனப்படும்.

SI வழக்குக்கு வராத பெரும்பாலான மின்சாரத் துறைகளில் தொடர்ந்து பயன் பெற்றுவரும் இத் திட்டத்தில் மின்னோட்டத்துக்கு எனத் தனிப் பெயர் அளிக்கப்பட்டு அதன் வழியில் ஏனைய அலகுகளை வரையறுத்தல் பொருத்தமாகும். இதனைக் கருதி 1961 இல் SUN குழு cgs மின்காந்த அலகுத் திட்டத்தின் மின்னோட்ட அலகாக அபாம்பியருக்குப் பதிலாக பயாட் *(biot-Bi) என்ற பெயரைக் கைக்கொண்டது: "பயாட் என்பது வெற்றிடத்தில் 1 சென்டிமீட்டர் இடைவெளியில் உள்ள மிக நுண்ணிய முகப்பரப்புக் கொண்ட ஈறற்ற நீளமுள்ள இரு இணைக் கடத்திகளுக்கு இடையே, கடத்தியின் 1 மீட்டர் நீளத்தில் 2×10^{-3} நியூட்டன் (= 1 சென்டி மீட்டருக்கு 2 டைன்) விசையை உருவாக்குவதற்கு அவ்விரு கடத்திகளின் ஊடே பாயும் மாறாத மின்னோட்டம்" என வரையறுக்கப்பட்டது: அஃதாவது ஆம்பியருக்கான வரையறையில் r = 1 செ.மீ.; $f=2\times10^{-3}N$

1 அபாம்பியர் = 1 பயாட் = C $(=3\times10^{10})$ ஸ்டட் ஆம்பியர் = 10 ஆம்பியர்

(19) **மின்னோட்ட அடர்த்தி** current density $J = I \div A$

$$[I] = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu_0^{\frac{1}{2}};\ [A] = L^2$$

எனவே $[j] = L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu_0^{\frac{1}{2}}$

இதன் அலகு $\langle j\rangle = \frac{\text{அபாம்பியர்}}{\text{செமீ}^2} = 10^5\ Am^{-2}$

$1\ abA\ cm^{-2}\ (= 1\ Bi\ cm^{-2}) = 10^5 A\ m^{-2}$

(20) **மின்சார இருமுனைச் சுழலம்** electric dipole moment $P_e = Q \cdot l$

எனவே இதன் பரிமானம் $[P_e] = L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu_0^{-\frac{1}{2}}$

(21) **காந்தப்புலம்** magnetic field 11.2.21 ஐக் காண்க

(22) **காந்தப் பாயம்** magnetic flux $\phi = fA \div IL$
பரிமானங்கள் முறையே $[f] = LMT^{-2};\ [A] = L^2$

$$[I] = L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu_0^{-\frac{1}{2}};\ [l] = L$$

எனவே $[\phi] = L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}{}_0\mu^{\frac{1}{2}}$

* பிரெஞ்சு அறிஞர் J.B. பயாட் (1774-1862) பெயரில் ஆனது.

இதன் அலகு மேக்சுவெல் *(maxwell-Mx). ஓர் அப்வோல்ட் மின்னழுத்தம் நொடிக்கு ஒரு கம்பிச் சுற்றில் ஏற்படுத்தும் காந்தப்பாயம் 1 Mx. இஃது பாரடே கற்பித்த தூண்டல் கோட்டுக்குச் (line of induction) சமம்:

1 தூண்டல் கோடு = 1 மேக்சுவெல்
10^6 மேக்சுவெல் = 1 மெகா (தூண்டல்) கோடு
6000 மேக்சுவெல் = 1 கப் கோடு (Kapp line)

6000 மேக்சுவெல் காந்தப்பாயக் கோடுகளை ஓர் அலகாகக் கொள்ள வேண்டுமென்று பரிந்துரைத்த கிஸ்பெர்ட் காப் (Gisbert Kapp 1852-1922) இந்த அலகுக்குத் தனது பெயரையே—காப்கோடு எனச் சூட்டிக்கொண்டார்.

பயாட் என்ற மின்னோட்ட அலகு ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட பின் பாயத்தின் அலகு எர்கு/பயாட்சுற்று என அழைக்கப் படுகிறது.

(23) காந்தப் பாய அடர்த்தி magnetic flux density B

$B = \phi \div A$ எனவே $[B] = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}$
இதன் அலகு <B> = மேக்சுவெல்/செமீ² $Mx\ cm^{-2}$

(24) காந்தப் புலவலிமை magnetic field strength

$H = B \div \mu_0$: இதன் பரிமானம் $[H]\ L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$
அலகு அபாம்பியர்/செமீ. $abA\ cm^{-2}$ எனச் சுருக்கமாகவும் கூறப் பெறும். தற்போது $Bi\ cm^{-2}$

1930 இல் ஆஸ்லோ (Oslo)வில் கூடிய IEC-யில் $abA\ cm^{-2}$, H.C. எர்ஸ்டெட் (H.C. Oersted 1777-1851) பெயரில் எர்ஸ்டெட்* (குறியீடு Oe) எனப்பட்டது. பூமியின் காந்தப் புலச் செறிவு 0.2—0.4 எர்ஸ்டெட்

(25) உட்புகுதிறம் என்ற புக்கியன்மை permeability μ_0:

இந்த cgsμ^0 திட்டத்தின் மின்சார இயற் சிறப்புக் கணிச மாகப் புக்கியன்மை தான் கைக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது: இத்

* (22) சேம்ஸ் கிளார்க் மேக்சுவெல் (1831-1879) பெயரை 1900 இல் கூடிய IEC ஏற்றுக்கொண்டது; இது 1930 இல் உறுதி செய்யப்பட்டது. கௌசிய அலகுத் திட்டத்திலும் (cgs 3 absolute system) காந்தப்பாயத்துக்கு மேக்சுவெல் என்ற அலகே பயன்படுகிறது.

*(24) இந்த அலகுக்கு முன்னர் கௌஸ்(gauss) எனப் பெயரிடப்பட்டிருந்தது. கௌசியத் திட்டத்தில் இதன் அலகு எர்ஸ்டெட்தான்

திட்டத்தில் இதன் எண்மதிப்பு $\{\mu_0\} = 1$ இதற்கான அலகாக μ_0 அலகு என்ற ஒன்றைக் கைக்கொள்ளலாம்.

(26) காந்தப் பாய அடர்த்தியும் புலச்செறிவும் B & H

$B = \mu_0 H$ என்ற சமன்பாட்டால் தொடர்புற்றுள்ளன. μ_0-க்குப் பரிமானம் அளித்த போதிலும் அதன் எண்மதிப்பு $\{\mu_0\} = 1$ எனக் கொண்டதால் B = H என ஆகும். எனவே தான் cgsμ_o திட்டத்தில் Bயை H எனவோ, Hஐ B எனவோ மாற்றிக் குறித்தாலும் கணக்கீட்டில் தவறு நேர்ந்து விடாது. ஆனால் SIயில் முற்றும் தவறாய் விடும். 12.1.26 ஐக் காண்க.

(27) காந்தச்சுற்று magnetic circuit 12.1.27இல் காண்க

(28) காந்த இயக்குவிசை magnetomotive force Im = NI

சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை (N), பரிமானம் இல்லாத ஒன்று

$$\text{ஆதலால் } [Im] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$$

இதன் அலகு <Im> = அபாம்பியர் சுற்று அல்லது பயாட் சுற்று குறியீடு Bit* அல்லது Bi

(29) காந்த நிலைப்பாற்றல்(magnetic Potential $U_m = P \div r$

$$\text{எனவே } [U_m] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{\frac{1}{2}} \mu_o^{\frac{1}{2}} = [I]$$

(30) வெறுப்பம் reluctance $R_m = I_m \div \phi$

$$[I_m] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}} \; ; [\phi] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{\frac{1}{2}}$$

எனவே $[R_m] = L^{-1} \mu_o^{-1}$ இதன் அலகு <Rm> = Bit Mx^{-1} = $(Bit)^2 erg^{-1}$ அஃதாவது <Rm> = பயாட்சுற்று/ மேஃசுவெல் = (பயாட் சுற்று)^2 / எர்கு

(31) புகுமியம் Permeance $\Lambda = \phi \div I_m$

வெறுப்பத்தின் தலைகீழ்ப்பே புகுமியம். எனவே $[\Lambda] = L \mu_o$ இதன் அலகு

<Λ> = மேஃசுவெல்/ பயாட்சுற்று குறியீடு:Mx Bi^{-1}

உர்கு/பயாட்சுற்று^{2} குறியீடு: erg Bi^{-2}

* (28) எண்ணியற் கணக்கிகளில் பயன்படும் இரட்டை எண் (binary digit) அலகான பிற் (bit) அல்ல

(32) காந்தவாக்கச் செறிவு intensity of magnetisation

$M = m \div V = I \div l$

$[V] = L^3$ எனவே $[M] = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$

$<M> =$ Bit Cm^{-1} அல்லது எர்ஸ்டெட் Oe

(33) காந்த எற்புத்திறன் magnetic susceptiblility

$Km = M \div H$

$[M] = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{\frac{1}{2}}$; $[H] = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$

எனவே $Km = 1$ ஆகையரல் Km பரிமானமில்லாத கணிசம்

(34) காந்த இருமுனைச் சுழலம் magnetic dipole moment—j

$j = T \div H$

இதன் பரிமானம் $[j] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$ இது மேஃசுவெல் செமீ என்ற அலகால் அளக்கப்பெறும்.

(35) காந்தவச் சுழலம் magnetic moment $m = T \div B$

இதன் பரிமானம் $L^{\frac{5}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$ இது பியாட் சுற்று செமீ ^{2} அல்லது கில்பெர்ட் செமீ^{2} என்ற அலகால் தற்போது குறிப்பிடப்பட்டு வருகிறது

(36) காந்தமுனை அல்லது முனைவலிமை pole strength

$P = m \div l$ இதன் பரிமானம் $[P] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$

cgs ஓரலகுக் காந்தமுனை என்ற அலகால் இது அளக்கப்பட்டது. தற்போது பயாட் சுற்றுசென்டி மீட்டர் என்ற அலகால் குறிக்கப்படுகிறது.

(37) காந்தவூட்டம் magnetic charge Q_m

cgs திட்டங்களில் $\mu_o 1$ என்பதால் காந்தமுனையும் காந்த ஓட்டமும் வேறுப்படுத்தப்பெறவில்லை. தற்போது இவை வேறுபடுத்தப்பட்டு வருகிறது. இவற்றின் விளக்கத்தை 12.1.36,37 இல் காண்க.

(38) காந்த நிலைப்பியலில் கூலும்நெறி

$$F \propto \frac{P_1 P_2}{d^2} \text{ அல்லது } F = K\frac{P_1 P_2}{d^2} = \frac{P_1 P_2}{\mu d^2}$$

இதில் μ — ஊடகத்தின் புக்கியன்மை; காற்றுக்கு $\mu \simeq 1$ வெற்றிடத்துக்கு $\mu = 1$

(39), (40) — ஒப்புமைகளை 12. 1. 39, 40இல் காண்க:

(41)* மின்தடை electrical resistance $R = U \div I$

$[U] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \mu_o^{\frac{1}{2}}$; $[I] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$

எனவே $[R] = LT^{-}\mu_o$

$$<R_{emu}> = \frac{U_{emu}}{I_{emu}} = \frac{10^{-8} \text{ வோல்ட்}}{10 \text{ ஆம்பியர்}} 10^{-9} \text{ ஓம்} = 10^{-2} \text{ esuஓம்}$$

மின்தடைக்கான மின்காந்த அலகு அப்வோம் (αΩ என வழங்கப் பெறும்.

(42) மின்தடைய electrical resistivityρ

$\rho = R.A \div l$ எனவே $[\rho] = L^2 T^{-1} \mu_o$ இதன் அலகாக அப்வோம் செமீ என்ற அலகைக் குறிக்கலாம்.

(43) மின்கடத்துகை electrical conductance —G

மின்தடையின் பரிமானம் $[R] = LT^{-1}\mu_o$ ∴ $[G] = L^{-}T \mu_o^{-1}$ 'அப்மோ' (abmho) என்பதை இதன் அலகு ஆக ஆக்கலாம்.

(44) மின்கடத்தம் electrical conductivity—ι

$\gamma = G.l \div A$ $[\gamma] = L^{-2}T\mu_0^{-1}$ இதனை அப்மோ/செமீ என்ற அலகால் குறிக்கலாம்.

(45) மின்கொண்மம் அல்லது தேக்குத்திறன் C

$C = Q \div U$ $[Q] = L^{\frac{1}{2}} M \mu_o^{-\frac{1}{2}}$; $[U] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \mu_o^{\frac{1}{2}}$

எனவே $[C] = L^{-1} T^2 \mu_o^{-1}$ இதன் அலகு அப்பேரட் (abfarard) எனப்படும் சாராபேரட்.

$$1 \text{ அப்ரேட்} = 9 \times 10^{20} \text{ ஸ்டட்பேரட்} = \frac{1}{9} \times 10^{-11} \text{ பேரட்}$$

(46) மின்நிலைமம் என்ற தூண்டம் inductance—L

$$\text{தூண்டம் } L = \frac{\text{மின்னியக்கு விசை}}{\text{மின்னோட்டம் மாறும் மேனி}} =$$

$$\frac{[L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \mu_o^{\frac{1}{2}}]}{[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{\frac{1}{2}} T^{-1}]}$$

*12.2(41) முதல் (47) வரையும். பிற அலகுகளை யாவும் நடைமுறை அலகுகளால் தான் அளக்கப் பெறுகின்றன:

(41)-(45) ab என்பது'சாரா' என்ற முன்னொட்டும் stat என்பதற்கு நிலை என்ற முன்னொட்டும் பயன்படுகிறது.

$$[L] = L\mu_o$$

இதன் அலகு அப்ஹென்ரி (abhenry)

1 அப்ஹென்ரி = 10^{-9}ஹென்ரி = நேனோ ஹென்ரி

12.4.3. மின்னிலைப்பியல் அலகுகளுக்கும் மின்காந்த அலகுகளுக்கும் இடையிலான தொடர்பு

தக்க வாய்பாடுகளின் உதவியால் மின்னிலைப்பியல் அலகுகளைக் கொண்டு, மின்னிலைப்பியல் மட்டுமன்றி மின்காந்தவியல் கணிசங்களையும்; மின்காந்த இயல் அலகுகளைக்கொண்டு மின்காந்தவியல் மட்டமன்றி மின்னிலைப்பியல் கணிசங்களையும் அளக்கலாம் என்பது 12.4.1, 12.4.2 இவற்றால் தெளிவாக அறியப்பெறும்.

ஒரே கணிசத்தை இரு வேறு திட்ட அலகுகளால் அளக்கும் போதான பரிமானத்தை ஆய்வோம். எடுத்துக் காட்டாக மின்னோட்டச் செறிவைக் கருதலாம்.

$$[I]_{esu} = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \varepsilon_o^{\frac{1}{2}}$$

$$[I]_{emu} = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$$

இந்த இரு திட்ட அலகுகளிலும் ஆன மின்னோட்டப் பரிமானங்களையும் சமனித்தால்

$$L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2} \varepsilon_o^{\frac{1}{2}} = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$$

$$LT^{-1} = \mu_o^{-\frac{1}{2}} \varepsilon_o^{-\frac{1}{2}} = [\mu_0 \varepsilon_o]^{-\frac{1}{2}}$$

அஃதாவது $[\mu_o \varepsilon_o]^{-\frac{1}{2}}$ இன் பரிமானம் கதி (velocity) யின் பரிமானம் ஆக விளங்குகிறது. கதியை C எனக் குறிப்பிட்டால்

$$(\mu_o \varepsilon_o)^{-\frac{1}{2}} = C \text{ அல்லது } \sqrt{\mu_0 \varepsilon_o} = \frac{1}{C} \text{ அல்லது } \mu_0 \varepsilon_o = \frac{1}{C^2}$$

மின்னிலைப்பியல் திட்டத்தில் $\varepsilon_0 = 1$ எனவே $\mu_0 = \frac{1}{C^2}$

மின்காந்தவியல் திட்டத்தில் $\mu_0 = 1$ எனவே $\varepsilon_0 = \frac{1}{C^2}$

இந்தத் திட்டங்கள் இரண்டும் cgs திட்டங்கள் ஆதலால் $<C> = cms^{-1}$

அலகுகளின் தகவு : அலகு—பரிமான வாய்பாட்டுப்படி

$$\{I\}_{esu} <I>_{esu} = \{I\}_{emu} \quad <I>_{emu}$$

அஃதாவது அலகின் எண்மதிப்பு அலகு சேர்ந்தே அலகீட்டை விளைவு செய்யும்

$$\frac{\{I\}_{esu}}{\{I\}_{emu}} = \frac{<I>_{emu}}{<I>_{esu}} = \frac{1}{C}$$

இவ்வாறே ஒவ்வொரு கணிசத்தின் 'மதிப்புத் தகவை' அறியலாம். மின்னிலைப்பியற் கணிசங்களுக்கும் ஆன தகவு C, C^2, $1/C$ $1/C^2$ என இருக்கிறது

C யின் எண் மதிப்பு : இந்தக் கதி (velocity) யின் எண் மதிப்பை, ஒரே கணிசத்தை இரு வேறு அலகுகளிலும் கணக்கிட்டு அறியலாம். மின்னோட்டத்தை அளப்பதைக் காட்டிலும் மின்கெகண்மத்தை இரு திட்டங்களிலும் அளப்பது எளிதாகும்; அவ்வாறு அளந்ததில் $C \simeq 3 \times 10^{10} Cms^{10}$ என விளங்கியது; இது ஒளியின் கதி என்பது தெரிந்ததே,

$1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}$ என்ற மின்காந்தவியல் கணிசத்தின் அலகு, ஒளிக் கதியின் மதிப்புடன் முற்றொத்து இருந்தமை, ஒளியும் ஒரு மின் காந்தக் கதிர்ப்பே என்ற திருப்புமுனையான தீர்மானத்துக்கு மேஃசுவெல்லை இட்டுச் சென்றது;

கணிசம்	Q,ψ	I	U	R	C	E	D	ε	φ,p	B	H	μ	L
esu / emu	$\frac{1}{C}$	$\frac{1}{C}$	C	C^2	$\frac{1}{C^2}$	C	$\frac{1}{C}$	$\frac{1}{C^2}$	C	C	$\frac{1}{C}$	C^2	C^2
பார்வை 12.1	1	18	14	41	45	16	8	9	22	23	24	25	46

12.4.4. பொதுப்பித்த egs திட்டங்கள் (generalised cgs systems):

cgsε_0, cgsμ_0 எனப்படும் egs மின்னிலைப்பு அலகுத் திட்டம், cgs மின்காந்த அலகுத் திட்டம் என்ற இரண்டு திட்டங்களிலும், ஒரு மின்னிலைப்பியல் மின்னூட்ட அலகுக்கு பிராங்களின் (Fr) என்ற பெயரும் குறியிடும் ஒரு காந்த இயல் மின்னோட்ட அலகுக்கு பயாட் (biot-Bi) என்ற பெயரும் குறியீடும் அளித்துப் பயன்படுத்த வேண்டுமென்று 1951 இல் கூடிய அனைத்து நாட்டு இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியல் ஒன்றியம் (IUPUP) ஏற்றுக்கொண்டது. இவை 12.4.1, 12.4.2. இல் ஆங்காங்கே சுட்டப்பட்டுள்ளன; இப்பொதுப்பித்த cgs திட்டங்கள் ஒழுங் குறுத்தத்துக்கு உட்படாதனவே;

இவற்றை ஒழுங்குறுத்தத்துக்கு உட்படுத்தி இருவேறு அலகுத் திட்டங்களை உருவாக்கலாம்.

12.4.5. cgs திட்டத்தின் நடைமுறையலகுகள் (Practical units of the cgs system)

மின்சார இயலின் cgs திட்ட அலகுகள் ஒன்று மிகப் பெரியனவாகவோ அன்றி மிகச் சிறியனவாகவோ விளங்குவதால் இவை நடைமுறைக்கு உதவவில்லை. இந்த அலகுகளின் பத்தின் மடங்குகளாகவோ அன்றி பாகங்களாகவோ அமையுமாறு 1908 இல் சில நடைமுறையலகுகள் வரையறுக்கப்பட்டன. கூலும், ஆம்பியர், வோல்ட், ஓம், பேரட், என்ரி முதலான இந்த நடைமுறை அலகுகள் பின்னர் SI அலகுகளாகக் கைக்கொள்ளப் பெற்றன. இந்த அலகுகள் தமக்குள் ஒருங்கியைந்தனவாக அமையுமாறு உருவாக்கப்பட்டன. இவற்றையும் cgs மின்காந்தவியல் அலகுகளையும் கொண்ட ஒரு கலப்புத்திட்டமே cgs நடைமுறைத் திட்டம் (cgs practical system) இது A.W. அன் சென் (A.W. Hanson 1909–1949) என்பார் பெயரில் அன்சென் அலகுகள் எனவும் வழங்கப்பெறும்.

நடைமுறை (SI), emu, esu அலகுகளுக்கான தொடர்பு

கணிசம்		நடைமுறை (SI) அலகு	emu	esu	emu/esu
மின்னூட்டம்	Q	1C	0.1abc(=1Bi)	3×10^{9}stat c	3×10^{10}
மின்னோட்டம்	I	1A	0.1abA(=1Bi)	3×10^{9}statA(F_r)	3×10^{10}
மின்னழுத்தம்	U	1V	10^{8}abv	(1/300)stat v	3×10^{10}
மின்தடை	R	1Ω	10^{9}abΩ	$(1/9\times10^{11})$statΩ	9×10^{20}
மின்கொண்மம்	C	1F	10^{-9}abF	9×10^{11}statF	$\frac{1}{9}\times10^{20}$
தூண்டம்	L	1H	10^{9}abH	$1/9\times10^{11}$statH	9×10^{20}

இந்த நடைமுறையலகுகள் மின்சாரக் கம்மியத்துறை (electrical engineering) அளவீடுகளை எளிமைப்படுத்திப் பெரும் பயன் புரிந்தன. இவை பன்னாட்டு அலகுகள் எனவும் பெயர் பெற்றன.

1908 இல் கைக்கொள்ளப்பட்ட நடைமுறையலகுகளின் வரையறைகள் :

பன்னாட்டு ஆம்பியர் : வெள்ளி நைட்ரேட் கரைசலில் நொடிக்கு 1.118 000 மில்லிகிராம் வெள்ளியைப் படியவைக்கும் மாறாத மின்னோட்டச் செறிவு ஒரு **பன்னாட்டு ஆம்பியர்** ஆகும்.

பன்னாட்டு ஓம் : நெடுகிலும் சீரான முகப்பரப்புள்ள 106.300 செ.மீ. நீள இதள் (பாதரசக்) கம்பத்தில் உள்ள 14.4521 கிராம் நிறையுள்ள இதள், பனிக்கட்டி உருகும் வெப்ப நிலையில் மாறாத மின்னோட்டம் பாயும்போது அளிக்கும் தடை ஒரு **பன்னாட்டு ஓம்** ஆகும்.

இவை இரண்டையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளின் உதவியால் மின்னழுத்தம் முதலான ஏனைய கணிசங்களின் அலகுகள் தீர்மானிக்கப்பெறும்.

இவ்வாறு கொள்ளப்பட்ட அலகுகள் துல்லியமான அளவீட்டின் பின்னர் இவற்றுக்கான 'சார்பிலா' அலகுகளில் இருந்தும் சற்றே மாறுபட்டு இருந்தன எனினும்—1 லிட்டர் நீரின் நிறையில் இருந்து மாறுபட்ட கிலோகிராம், பூமியின் கால்வட்டத்தில் 10^{-7} இல் வேறுபட்ட மீட்டர் இவற்றைப் போலவே அளவீட்டு ஏந்துக்காக இவ்வரையறைகளே திட்டப் படுத்தப்பட்டன. இவற்றின் தொடர்பு ஆவன :

1	நடுமதிப்புப் பன்னாட்டு	ஆம்பியர்	=	0·999 85 ஆம்பியர்
1	,, ,,	ஓம்	=	1·000 49 ஓம்
1	,, ,,	கூலும்	=	0·999 85 கூலும்
1	,, ,,	வோல்ட்	=	1·000 34 வோல்ட்
1	,, ,,	என்ரி	=	1·000 49 என்ரி
1	,, ,,	பேரட்	=	0·999 54 பேரட்
1	,, ,,	வீபர்	=	1·000 34 வீபர்
1	,, ,,	வாட்	=	1·000 19 வாட்

பின்னர் இந்த நடுமதிப்புப் பன்னாட்டு அலகுகளும் நீக்கப்பட்டு முந்திய வழக்கான சார்புறா நடைமுறை அலகுகளே பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. இந்த அலகுகளுக்கான பெயரில் அனைத்து நாட்டு அல்லது பன்னாட்டு (international) என்ற பெயர் வருவதால் இவை நமது அனைத்துநாட்டு அலகுத் திட்டத்தை (SI)ச் சார்ந்தவை என்று கருதிவிடக்கூடாது.

இந்த cgs திட்டத்தில், விசையியல் அளவுகளில் ஆற்றல் திறன் தவிர்த்த ஏனையவை cgs அலகுகளாகவும், ஆற்றல் திறன் இவற்றின் அலகுகள் mks அலகுகளாகவும் விளங்குகின்றன.

இந்த cgs நடைமுறைத் திட்டத்தில் cgs மின்காந்த அலகுகளுடன் mks A அலகுகளும் கலந்துள்ளதை அறியலாம். இவற்றில் cgs திட்டத்துடன் ஒத்துள்ள அலகுகள்

கணிசம் (குறியீடு)		அலகு	(குறியீடு)
நீளம் l		சென்டிமீட்டர்	cm
நிறை m		கிராம்	g
நேரம் t		நொடி	s
விசை F		டைன்	dyn
காந்தப்பாயம்	ϕ	மேக்சுவெல்	Mx
காந்தப் பாய அடர்த்தி	B	கௌசு	G
காந்தப் புலவலிமை	H	எர்ஸ்டெட்	Oe
காந்த மாறிலி	μ_0	கௌசு/எர்ஸ்டெட்	G/Oe
காந்தமுனைவாக்கம்	J	கௌசு	
காந்தவாக்கம்	M	எர்ஸ்டெட்	Oe
காந்த ஊட்டம்	Qm	கௌசு-சென்டி மீட்டர்^{2}	G cm^2
காந்த முனைவலிமை	P	எர்ஸ்டெட்/சென்டி மீட்டர்^{2}	Oe cm^{-2}
காந்த அழுத்தம்	Um	கில்பெர்ட்	Gb
வெறுப்பம்	Rm	கில்பெர்ட்/மேக்சுவெல்	Gb Mx^{-1}
புகுமியம்	Λ	மேக்சுவெல் / கில்பெர்ட்	Mx Gb^{-1}

mks A திட்டத்துடன் ஒத்துள்ள அலகுகள்

கணிசம்		அலகு	
ஆற்றல்	W	சௌல்	J
திறன்	P	வாட்	W
மின்னூட்டம்	Q	கூலும்	C
மின்னோட்டம்	I	ஆம்பியர்	A
மின்னழுத்தம்	U	வோல்ட்டு	V
தடை	R	ஓம்	Ω
தூண்டம்	L	என்ரி	H
கடத்துகை	G	மோ, சீமென்ஸ்	℧, S
கொண்மம்	C	பேரட்	F

ஏனைய திட்டங்களுடன் ஒத்துவராத இணைப்பலகுகள்

கணிசம்		அலகு	
மின்புலவலிமை	E	வோல்ட்/செமீ	V cm^{-1}
மின்முனைவாக்கம்	P	கூலும் / செமீ^{2}	C cm^{-2}
மின்சார இடப்பெயர்ச்சி	D	கூலும் / செமீ^{2}	C cm^{-2}
மின்சார மாறிலி	ε_0	பேரட் / செமீ^{2}	F cm^{-2}

இத்தகையதொரு கலப்புத்திட்டமே cgs நடைமுறை யலகுத் திட்டம். எனினும் இதன் நடைமுறை யலகுகளே SI அலகு களாகப் பின்னர்க் கைக்கொள்ளப்பெற்றன.

12.4.6 சீராக்கம் உற்ற cgs நடைமுறையலகுத் திட்டம் (rationalised cgs practical system of units)

சீராக்கம் உற்ற மீட்டர்-கிலோகிராம் நொடி mks(r) அலகுத் திட்டத்தை ஏற்றுக்கொள்வதற்கு முதற்படியாக cgs நடைமுறை யலகுத் திட்டத்தைச் சீராக்கி அந்த சீராக்கம் உற்ற cgs நடைமுறையலகுத் திட்டத்தில் அறிவியற் கல்வியைப் புகட்டலாம் என்று அனைத்துநாட்டு இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியல் நிறுவனம் (IUPAP) பரிந்துரைத்தது. சீராக்கத்தை அடுத்த பகுதியில் (12.5) காணலாம். அதன் வழியில் இத்திட்டத்தைச் சீராக்கத்துக்கு உட்படுத்தலாம். உலகம் முழுக்க நேரடியாக அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்டத்துக்கு (SI) நேரடியாக மாற்றிக் கொள்ள விரும்புவதால் இத்திட்டம் ஏட்டில்தான் உள்ளது.

12.4.7. சென்டிமீட்டர் – நொடி-ஆம்பியர்-ஒம் (CSAO) திட்டம்

மின்சார இயலில் நிறை என்ற கணிசம் இன்றியமையாத தல்ல என்பதால், நீளம், நேரத்துக்கான சென்டிமீட்டர், நொடி இவற்றுடன் மின்னோட்டத்துக்கு ஆம்பியரையும், மின்தடைக்கு ஒம்-ஐயும் அடிப்படை யலகுகளாகக் கைக்கொண்ட ஓர் அலகுத் திட்டம் (Karapetoff system) 1911 இல் பரிந்துரைக்கப்பட்டது.

12.5. சீராக்கம் அல்லது ஒழுங்குறுத்தம் (Rationalization)

ஒழுங்குறுத்தம் அல்லது சீராக்கத்தை விளக்குவதற்கு ஒரு மேற்கோளைக் கருதலாம்.

12.5.1. வட்டமீட்டரும் சதுர மீட்டரும்

ஓரலகுப் பரப்பு என்பது ஒரு "மீட்டர்" பக்கம் உள்ள சதுரத்தின் பரப்பு என நாம் வரையறுக்கிறோம். இப்படித்தான் வரையறுக்க வேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. இவ்வாறன்றி ஓரலகுப் பரப்பு என்பது ஒரு மீட்டர் விட்டம் உள்ள வட்டத்தின் பரப்பு என வரையறுப்போம். சதுரப் பரப்பு வரையறைக்கு உள்ள அத்தனை தகுதியும் வட்டப் பரப்பு வரையறைக்கும் உண்டு. (இதில் ஒன்றும் புதுமையும் இல்லை. ஒரு கடத்தியின் விட்டம் Mமில் எனின் அதன் முகப்பரப்பு M^2 **வட்டமில்** என்ற ஓர் அலகு 1890இல் இருந்தே பயன்பட்டு வருகிறது; அமெரிக்காவில் குழாய்களின் வெட்டுமுகப்பரப்பு வட்டமீட்டரில் அளக்கப்படுகிறது. (காண்க 8.1.2) சொல் வேறுபாட்டுக்காக நாம் வழக்கமாகக் கைக்கொள்ளும் மீட்டர்^{2}ஐ "**சதுரமீட்டர்**" என்றும் இப்போது வரையறுத்ததை "**வட்ட மீட்டர்**" என்றும் வழங்குவோம். நமக்கு வழக்கமான **சதுர** மீட்டர் அளவுகள் வட்டமீட்டரில் எப்படியிருக்கும்?

விட்டம் 1 மீட்டர்; எனவே ஆரம் $\frac{1}{2}$ மீட்டர். பரப்பு $A = \pi r^2 = \pi \times (\frac{1}{2})^2$ சதுர மீட்டர் $= \frac{1}{4}\pi$ சமீ $= 1$ வட்டமீட்டர். அல்லது

$$1 \text{ சதுர மீட்டர்} = \frac{4}{\pi} \text{ வட்ட மீட்டர்}$$

சதுரமீட்டரை வட்டமீட்டராக்க இந்த $\frac{4}{\pi}$ யைக் கொண்டு பெருக்கவேண்டும். இவ்வாறு பெருக்கிக் கீழுள்ள வட்டமீட்டர் அளவுகளை அறியலாம்.

கணிசம்	சதுரமீட்டரில்	வட்டமீட்டரில்
வட்டத்தின் பரப்பு (விட்டம் = l)	$\frac{\pi}{4} l^2$	l^2
சதுரத்தின் பரப்பு (பக்கம் = l)	l^2	$\frac{4}{\pi} l^2$
சமபக்க முக்கோணத்தின் பரப்பு (பக்கம் = l)	$\frac{\sqrt{3}}{4} l^2$	$\frac{\sqrt{3}}{\pi} l^2$

வட்டமீட்டரைப் பயன்படுத்தியதால் நமது அளவீட்டில் சதுரம், முக்கோணம் போன்ற வட்டச்சார்பற்ற கோவைகளில் π என்ற வட்டக்காரணி தேவையின்றி இடம் பெற்றுள்ளது. ஆனால் அந்தோ...... வட்டத்தில் வட்டக்காரணியைக் காணவே காணோம்! இது பகுத்தறிவுக்குப் பொருத்தமா?

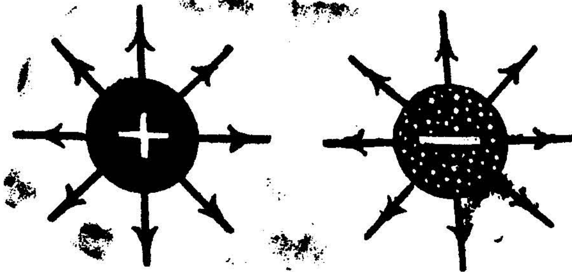
நாம் இப்போது மின்சார இயலில் பயன்படுத்திவரும் cgs அளவீடுகள் அனைத்தும் இந்த வட்டமீட்டர் அளவீட்டைப் போலத்தான் முரண்பாடாய் அமைந்துள்ளன.

12.5.2. மீண்டும் கூலும் நெறிக்கே!

இதனை ஆராய மீண்டும் நமது கூலும் நெறிக்குத் திரும்புவோம். புள்ளி மின்னூட்டத்தின் (point charge) விசைக் கோடுகள் ஆரவகைப் பட்டன. அஃதாவது விசைக்கோடுகள் எல்லாத்திசையிலும்—$4\pi r^2$ என்ற பரப்பில் கோளவடிவில் விரிந்து பரவும் என்பது வெளிப்படை. இதனால் ஏற்படும் புலம் ஆரவகைக் கோளப்புலம் ஆகும்.

புள்ளி மின்னூட்டத்தில் இருந்து n விசைக் கோடுகள் சமச்சீராகக் கிளம்புவதாகக் கருதுவோம். அப்புள்ளியில் இருந்து r தொலைவில் உள்ள ஓரலகுக் கோளப்பரப்பில் $(n/4\pi r^2)$ கோடுகள் பாயும்; n/r^2 கோடுகள் அல்ல. ஆனால் r தொலைவில் உள்ள Q_1, Q_2 என்ற இரு புள்ளி மின்னூட்டங்களுக்கு இடையில் ஆன விசையைக் கருதும் cgs வாய்பாடு

$$F = \frac{1}{\varepsilon} \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$



படம் 112. மீண்டும் கூலும் நெறிக்கே

ஆரவகைப்பட்ட கோளவடிவப்புலம் இருந்தும் இந்த வாய்பாட்டில் அதற்கான காரணி 4πவைக் காணவில்லை. மின்சார

இயலுக்கு அடிப்படையாக விளங்கும் இந்த நெறியிலேயே 4π இல்லாததால், கட்டாயம் இருந்தே தீரவேண்டிய இடங்களில் எல்லாம் π இல்லாமலும், இருக்கக்கூடாத இடங்களில் எல்லாம் π இடறிக்கொண்டும் இருந்தது.

இதனை உணர்ந்த ஆங்கிலப் பூதவியல் அறிஞரான ஆலிவர் ஃஎவிசைடு (Oliver Heaviside 1850-1925) 1890 இல் எழுதுகிறார் :

> ''4π, இருந்தே ஆகவேண்டிய உரிமையுடைய மைய விசை குறித்த வாய்பாடுகளில் இயற்கைக்கு மாறாக அதனை அடக்கி ஒடுக்குவதால் மின்காந்தக் கொள்கையின் குருதியோட்டத்துள் அது நுழைந்து பல்கிப் பெருகி மின் காந்தக் கொள்கையையே சிதறடித்து விடுகிறது.''

எனவே எவிசைடு கூலும் நெறியை

$$F = \frac{1}{4\pi} \times \frac{Q_1 Q_2}{\varepsilon r^2}$$

என்று ஆகுமாறு தகவு மாறிலியாய் $1/4\pi\varepsilon$-ஐ இயற்கையோடு இயையப் புகுத்தினார். இங்ஙனமே காந்த நிலைப்பியல் சமன்பாட்டை

$$F = \frac{1}{4\pi} \times \frac{P_1 P_2}{\mu r^2}$$

என மாற்றினார். அலகுகளின் சீராக்கத்துக்காகத் தன் வாழ் நாள் முழுக்கப் போராடினார் அறிஞர் எவிசைடு.

12.5.3. எவிசைடு லாரண்ட்சு அலகுத் திட்டம் (HU திட்டம்)

சீராக்கத்தின் இன்றியமையாமையை வலியுறுத்திய அறிஞர் எவிசைடு, என்ட்ரிக் அண்ட்டூன் லாரன்ட்சு (Hendrick Antoon Lorentz 1853-1928) என்ற டென்மார்க் நாட்டுக் கொள்கைப் பூதவியலாருடன் இணைந்து 1883 இல் உருவாக்கிய முதல் ஒழுங் குறுத்தமுற்ற அலகுத்திட்டம் ஆகும் இது. இதில் மின்னிலைப் பியல் மற்றும் மின்காந்தவியல் வரையறைத் தொடர்புகள் மாற்றம் உறாதவாறு ஒழுங்குறுத்தம் மட்டும் புகுத்தப் பட்டுள்ளது. இது ஒரு cgs திட்டமே!—அஃதாவது சீராக்கப் பெற்ற அல்லது ஒழுங்குறுத்தமுற்ற cgs திட்டம் எடுத்துக் காட்டாக

$$F = \frac{1}{\varepsilon} \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \text{ என்பது } F = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

என முன்னர்க் குறித்தவாறு எழுதப்பெறும். K_1 முதல் K_6 வரை ஆன மாறிலிகள் $K_1 = 1/4\pi$; $K_2 = K_3 = K_5 = 1$;

$$K_4 = \frac{1}{2\pi\gamma}\ ;\ K_6 = \frac{1}{\gamma} \text{ என ஆகும்.}$$

அலகுகளின் **மதிப்பு** மாற்ற முறக்கூடாது என்பதற்காக இதில் அலகுகளுக்கான வரையறைகள் சிறிதே மாற்றப்பட்டன. (இதனாலேயே இச்சீரிய திட்டம் நடைமுறைப் பயனை இழந்தது.) (எ-டு) **மின்னூட்டம்**: வெற்றிடத்தில் 1 செ.மீ. இடைவெளியில் உள்ள முற்றிலும் ஒத்த இரு மின்னூட்டங்கள் $1/4\pi$ டைன் விசையுடன் எதிரிக்கும். HLU திட்டத்தில்

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^{11}} \text{ எனவே } \mu_0 = \frac{4\pi}{10^9} \text{ ஆயிற்று.}$$

12.5.4. HLU-இன் குறைபாடு

ϵ_0, μ_0 இரண்டின் மதிப்பையும் 1 ஆக்கிய cgs கௌசியத் திட்டத்தின் குறைபாடு இதற்கும் பொருந்தும். ϵ_0 அல்லது μ_0 இரண்டில் ஏதாவது ஒன்றின் மதிப்பை மட்டும் 1 ஆக ஆக்கியிருந்தால் μ_0-இன் மதிப்பு 4π அளவில் பெருகும்போது, ϵ_0-இன் மதிப்பு 4π அளவில் சுருங்கும். அதனால் சீராக்கம் பொருள் பொதிந்ததாக விளங்கும். ஆனால் ϵ_0, μ_0 இரண்டின் மதிப்பையும் ஒன்றாக ஆக்கியதால்

$$1 \text{ கூலும்} = 3 \times \sqrt{4\pi} \times 10^9 \text{ HLU மின்னூட்டம்}$$

என ஆகிறது. இதில் வரும் $(4\pi)^{\frac{1}{2}}$ என்ற ஒழுங்கற்ற கூற்றெண்* சீராக்கத்தின் சிறப்பையே செயலிழக்க வைத்துவிட்டது. இதனால்தான் முதல் சீராக்க முறையாய் இருந்தும் லாரண்ட்சு அரும்பெரும் செல்வாக்குப் பெற்றிருந்தும் HLU திட்டம் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படவில்லை.

12.5.5. சீராக்கத்தின் (ஒழுங்குறுத்தத்தின்) பேராக்கம்

HLU திட்டம் பரவலாகப் பயன்படுத்தப் படவில்லையாயினும் இதன் ஒழுங்குறுத்தம் ஏனைய அலகு முறைகள் அனைத்திலும் கைக்கொள்ளப்பட்டது. இதன்படி cgs-Bi (r)*, cgs Fr (r), cgs நடைமுறை (r)—என்ற அலகு முறைகள் சீராக்கப் பட்டன. சீராக்கப்பட்ட mksA திட்டமே பன்னாட்டு அலகுத்

* அர்னால்டு சோமர்பீல்டு $(4\pi^{\frac{1}{2}})$ என்ற இந்தக் கூற்றெண்ணை 'desperate expedient' எனக் குறித்தார்!

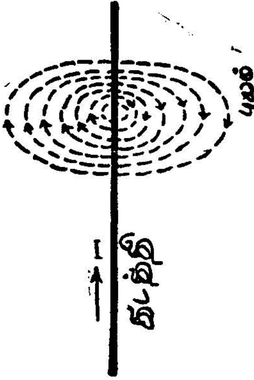
* (r) ஒழுங்குறுத்தம் எனப்படும் சீராக்கத்தை (rationalization)க் குறிக்கும்.

கணிசம்	HLU	EMU	ESU	SI
மின்னூட்டம் Q	1	$\frac{1}{C}\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$	$\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$	$\frac{1}{3\times10^{9}.\ 2\sqrt{\pi}}C$
மின்னோட்டம் I	1	$\frac{1}{C}\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$	$\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$	$\frac{1}{3\times10^{8}.\ 2\sqrt{\pi}}A$
மின்னழுத்தம் U	1	$2\sqrt{\pi}\,C$	$2\sqrt{\pi}$	$2\sqrt{\pi}\times10^{-8}\ V$
மின்தடை R	1	$4\pi c^{2}$	4π	$4\pi c^{2}\times10^{-9}\Omega$
மின்கொண்மம் C	2	$\frac{1}{4\pi c^{2}}$	$\frac{1}{4\pi}$	$\frac{10^{9}}{4\pi c^{2}}F$
மின்புலச்செறிவு E	1	$2c\sqrt{\pi}$	$2\sqrt{\pi}$	$2c\sqrt{\pi}\times10^{-6}vm^{-1}$
மின்தூண்டம் L	1	$4\pi c^{2}$	4π	$4\pi c^{2}\times10^{-9}H$
காந்தப்பாய அடர்த்தி B	1	$2\sqrt{\pi}$	$2\sqrt{\pi}/c$	$2\sqrt{\pi}\times10^{-4}T$

திட்டத்துக்கு (SI) மேற்கொள்ளப்பட்ட அளவைமுறை. இந்தச் சீராக்கத்துக்கு உட்பட்ட மேக்சுவெல் சமன்பாடுகள் மிக நேர்த்தியாய் விளங்குகின்றன. (12.7. இல் காண்க)

12.5.6. சீராக்கத்தின் (ஒழுங்குறுத்தத்தின்) செழுமை :

மின்சார இயலில் வரும் இரு எளிய சமன்பாடுகளை எடுத்தெழுதினால் cgs-இன் முரண்பாடும், சீராக்கத்தின் செம்மையும் தெற்றெனத் தெரியவரும். அதற்கான cgs அலகும் SI அலகும் அருகருகே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 113.
நேர்க் கடத்தியில் புலம்

1. மின்சாரம் பாயும் ஒரு நீளக் கடத்தியின் அருகில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் மின்சாரம் விளைக்கும் காந்த விசை

$$F = \frac{2i}{r} \ (cgs_n) \ ; \ B = \frac{\mu_o I}{2\pi r} \ (SI)^*$$

மின்காந்தப் புலவிசைக் கோடுகள் வளைவுச் சார்புடையனவாய் இருந்தும் cgs வாய்பாட்டில் வட்டக் காரணி π-ஐக் காணோம்.

2. மின்சாரம் அதுபாயும் வட்டச் சுருளின் மையத்தில் விளைக்கும் விசை

$$F = \frac{2\pi I}{10r} (cgs_n) \ ; \ B = \frac{\mu_o I}{2r} \ (SI)$$

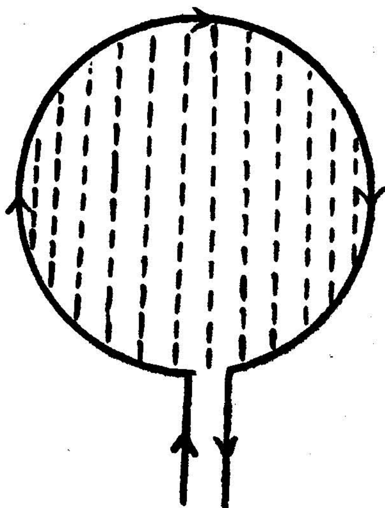
வட்டச் சுருளின் மையத்தில் சீரான காந்தப்புலம் இருந்தும், இதற்கான cgs கோவையில் தேவையின்றி வட்டக்காரணி π இடம் பெற்றுள்ளது.

இவ்வாறே எல்லா cgs சமன்பாடுகளும் அமைந்துள்ளன. ஒழுங்குறுத்திய சமன்பாடுகளில் இந்த முரன்பாடு முற்றும் களையப்பட்டுச் சீராக்கப் பெற்றுவிட்டது. ஒவ்வொரு கணிசத்துக்கும் ஆன cgs, SI சமன்பாடுகளை ஒப்பு நோக்கும்போது இதன் சிறப்பை உணரலாம்.

★ SI-இல் B தான் முக்கியமான கணிசம் என்பதால் H கொடுக்கப்படவில்லை. $F = H = B/\mu_o$; (1) $H = I/2\pi r$; (2) $H = I/2r$ என ஆகும்.

சீராக்கத்தால் மிகுதியான π-கள் களையப்பட்டது இதன் சிறப்பல்ல; இருக்கும் இடத்தைவிட்டு இல்லாத இடந்தேடி எங்கெங்கோ அலைந்து திரிந்த π-களை அவை இருக்க வேண்டிய இடத்துக்கே ஓட்டிச் சேரும் சிறப்புமாக இருக்கச் செய்ததே இதன் சிறப்பாகும்.

அஃதாவது இச் சீராக்கத்தால் வட்டச் சார்பு மற்றும் உருளைச் சார்புள்ள கோவைகளில் மட்டும் 2π வரும்; கோளச் சார்பு உள்ளவற்றில் மட்டும் 4π வரும். ஏனைய இடங்களில் π தலை காட்டாது. தள, உருளை, கோளவடிவக் கொண்மி(capacitor) களின் வாய்பாட்டை நோக்க இது தெளிவாகும்.



படம் 114. வட்டக் கடத்தியில் புலம்

கொண்மியின் வடிவம்	csg	SI
தளம்	$C = \frac{\varepsilon_0 a}{4\pi d}$	$C = \frac{\varepsilon_0 a}{d}$
உருளை வடிவம்	$C \div \frac{\varepsilon^\circ l}{2\log_e R_2/R_1}$	$C = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\log_e R_2/R_1}$
கோளவடிவம்	$C = \varepsilon_0 R$	$C = 4\pi\varepsilon^\circ R$

HLU திட்டத்தின் ஒழுங்குறுத்தம் ஏனைய அலகுத் திட்டங்களில் கைக்கொள்ளப் பெற்றது ஒன்றே இதன் நன்மையாகும். சில அணுவியல் அலகுகளில் HLU திட்டம் பயன்படுகிறது.

12.6. சீரான நடைமுறைத் திட்டம்

இதுவரை கண்ட அலகுத் திட்டங்கள் யாவும் ஏதாவது ஒரு வகையில் குறைபாடு உடையனவாய் இருந்தன; நடைமுறைப் பயன் அளிக்கத் தக்க அலகுத் திட்டத்தைக் காணப் பெரு முயற்சி தொடர்ந்தது.

12.6.1. சீரான நடைமுறைத் திட்டத்துக்கான பெருமுயற்சி

மூன்றலகு cgs திட்டத்திலும் ε_0, μ_0-ஐப் பரிமானமில்லாத எண்களாகக் கொண்ட cgs மின்னிலைப்பியல் (esu), மின்காந்த (emu)த் திட்டங்களிலும், $\{\varepsilon_0\} = 1$, $\{\mu_0\} = 1$ எனக் கொண்டதால் வெற்றிடத்தில்

$$E = D \qquad\qquad B = H$$

எனஆயின. இவை பொருத்தமல்ல.

ஒரு வகையான கணிசத்துக்கு இரண்டுவகையான அலகுகள் (esu, emu) என்பது நடைமுறையில் சிக்கல்களை விளைவித்தது. இதனால் நடைமுறையலகுகளையே அறிவியலார் கைக்கொண்டனர்.

எல்லா இயல்களுக்கும் ஒரே அலகுத்திட்டம் அமையாதது பெரும் குறையாக இருந்தது.

அலகுகளின் ஒழுங்குறுத்தம் (rationalisation) சீராக மேற்கொள்ளப்படவில்லை. இதனால் வேண்டாத இடங்களில் 2π, 4π இடறிக் கொண்டிருந்தன; இருக்க வேண்டிய இடத்தில் இல்லாமல் இருந்தன.

இத்தகைய சிக்கல்களால் 'ஒரு மொழி வைத்து உலகாண்ட சேரலாதன்' போல அளவீட்டை ஆள ஒரேயொரு ஓரியன்மையலகுத்திட்டத்தின் இன்றியமையாமை உணரப்பட்டது. நடைமுறையில் இல்லாத ஒரு மொழியை உலக மொழியாகக் கொள்ள இயலாது அல்லவா! அவவாறே esu, emu, HLU போன்ற நடைமுறைக்கு உதவாத திட்டங்களும் பயன்பெறா. எனவே நடைமுறை அலகுகளான வாட், ஆம்பியர், கூலும் முதலானவற்றைக் கைக்கொள்ளும் திட்டமே இயற்கையோடு இயைந்து விளங்கும். ஏனையன எவ்வளவு சிறப்பளிப்பினும் செயற்கையாகவே இருக்கும் மேலும் இந்த மின்சார அலகுகள் விசையியல் அலகுகளுடன் முற்றொத்தும் இருக்கவேண்டும்.

மின்சார இயல் அலகுகளில் fps திட்டம் நடைமுறைக்கு வராமல் இருந்தது ஒரு பெரும்பேறே. ஏனைய பதினமுறை நடைமுறையலகுகள் esu, emu வுடன் தொடர்பாகப் பொருந்தி வராவிடினும் நடைமுறையலகின் மதிப்புகள் மின்னிலைப்பு, மின்காந்த அலகுகளின் பத்தின் மடங்குகளாகவோ பின்னங்

களாகவோ தான் கணிக்கப் பெற்றிருந்தன. மேலும் இந்த நடை முறையலகுகள் தமக்குள் ஓரியன்மையுடையனவாக அமைக்கப் பெற்றிருந்தன.

இந்த நடைமுறையலகுகளைத் தூணாகக் கொண்டு அள வீட்டு அரண்மனையின் அடித்தளத்தையும், மேற்கூரையையும், சுற்றரணையும் அமைக்க வேண்டியிருந்தது. இந்த அலகுகளில் மிகுதியான பயன்பாட்டையுடைய வேலையின் அலகைக் கருதலாம். வேலையின் அலகு செளல்:

$$\text{செளல்} = 10^7 \text{எர்கு} = 10^7\ gcm^2\ s^{-2} = 10g^x \left(10^Y\right)^2 cm^2 \left(10^Z\right)^{-2}_s$$

நொடி என்ற காலயிடை அலகை மாற்றுதல் பெருங் குழப்பத் துக்கு உள்ளாக்கும் எனவே $Z = 1$ என்றே கொள்வோம்.

$$10^7\ g\ cm^2 = 10^X \cdot 10^{2Y}\ gcm^2$$

இதிலிருந்து

$$x+2y=7$$

எனக்கொண்ட ஓர் அலகுத் திட்டத்தை உருவாக்கினால், அது நடைமுறை அலகுகளான செளல், வாட், வோல்ட், பேரட் முதலானவற்றோடு முற்றிலும் ஒருங்கியைந்து விளங்கும் $x + 2y = 7$ என வருவதற்கான வரிசை மாற்றம் மற்றும் சேர்மான (permutation and combination) வகைகள் பல வற்றுள் சில கீழே தரப்பட்டுள்ளன:

எண்	Y	X	நீளம்(செமீ)	நிறை(கிராம்)	அலகுத்திட்டம்
1	−2	11	10^{-1}cm = 10^{-4}m	10^{11}g = 10^{8}kg	
2	−1	9	10^{-1}cm = 10^{-3}m	10^{9}g = 10^{6}kg	
3	0	7	10^{0} cm = 10^{-2}m	10^{7}g = 10^{4}kg	"மை"
4	1	5	10^{1} cm = 10^{-1}m	10^{5}g = 10^{2}kg	
5	2	3	10^{2} cm = 1m	10^{3}g = 1kg	சியார்சி
6	3	1	10^{3} cm = 10m	10g = 10^{-2}kg	
7	4	−1	10^{4} cm = 10^{2}m	10^{-1}g = 10^{-4}kg	
8	5	−3	10^{5} cm = 10^{3}m	10^{-3}g = 10^{-6}kg	
9	6	−5	10^{6} cm = 10^{4}m	10^{-5}g = 10^{-8}kg	
10	7	−7	10^{7} cm = 10^{5}m	10^{-7}g = 10^{-10}kg	
11	8	−9	10^{8} cm = 10^{6}m	10^{-9}g = 10^{-12}kg	
12	9	−11	10^{9} cm = 10^{7}m	10^{-11}g = 10^{-14}kg	மேக்சுவெல்

இவற்றுள் மேக்சுவெல்-இன் பரிந்துரையில் நீளத்தின் அலகு, பூமி நெடுக்குக் கோட்டுப் பரிதியின் கால்வட்ட நீளமாக அமைகிறது; நிறையோ கணிக்க இயலாத அளவில் நுண்ணியதாகப் போய்விடுகிறது. மை அலகுத்திட்டத்தில் நீளத்தின் அலகு மாற்றப்படாமல் சென்டிமீட்டராகவே கைக்கொள்ளப்பட்டதால் நிறையின் அடிப்படை அலகு 10 டன் ஆகிவிடுகிறது. இவற்றுக்கு மாறாக, சியார்சியின் பரிந்துரையில் நீளத்தின் அலகும், நிறையின் அலகும் சேவ்ரேயில் பாதுகாக்கப்பெறும் அந்த அலகுகளின் அளவீட்டுப் படித்தரங்களாகவே அமைந்துவிட்டன.

சியார்சி : அறிவியல் அளவீட்டை மிகவும் எளிமையாக்கி ஒழுங்குபடுத்திய சியோவன்னி சியார்சி (Giovanni Griogi) இத்தாலியில் உள்ள லக்கா (Lucca) என்னும் இடத்தில் 1871 நவம்பர் 27 ஆம் பக்கல் அன்று பிறந்தார். ரோமாபுரிப் பல்கலைக் கழகத்தில் பயின்று 1893இல் ஆனர்சு '(Honours)ப் பட்டம் பெற்றார். பின் விரிவான பல மின்சாரத் திட்ட அமைப்புகளை உருவாக்கும் பணியை மேற்கொண்டார் 1910 இல் தாம் பயின்ற ரோமாபுரிப் பல்கலைக் கழகத்தின் மின்சாரக் கம்மிய இயற் பேராசிரியர் (Professor of Electrical Engineering) பதவியில் அமர்ந்தார்.

சியார்சியின் முதல் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரை இவரது mks அலகுத்திட்டம் பற்றியதே! 1901 இல் வெளியிட்ட இந்த அலகுத் திட்டத்தைச் சீராக்கத்துக்கு உட்படுத்தி 1904 இல் திருத்தியமைத்தார். இவர் மின்சாரக் கம்மியம் மற்றும் கணிதம் பற்றிய துறைகளில் 300 ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகளை வெளியிட்டிருந்தார். இவற்றில் எல்லாம் தமது புதிய அலகுத் திட்டத்தைப் பரிந்துரைக்கத் தவறுவதேயில்லை. காலமாகும் 79 ஆம் அகவை வரை தொடர்ந்து எழுத்துப் பணியில் ஈடுபட்டிருந்தார் தமது கல்வித் துறைப்பணியில் செயலூக்கத்துடன் உழைத்துவந்த சியார்சி இறக்கும் தறுவாயில் இரு பாட நூல்கள் எழுதிக்கொண்டிருந்தார்.

சியார்சியின் mks அலகுத்திட்டத்தையே அளவீட்டுக்கு உகந்து பயன்படுத்தவேண்டும் என்பதற்கு அடிக்கல் நாட்டிய தீர்மானத்தை அனைத்துநாட்டு மின்னுணுக்கக்குழு (IEC) நிறைவேற்றியதை அறிந்த பின்னரே—அதற்கு ஒரு மாதம் கழித்து 1950 ஆகஸ்டு 19 ஆம் பக்கல் சியார்சி புகழுடம்பு அடைந்தார்.

தகவு/ கணிசம்	Q	I	U	R	C	E	ψ	D	ε	ϕ	B	H	μ	I_m	L	M	P
Mie(n) / cgs(esu)	10c	10c	$\frac{10^6}{c}$	$\frac{10^5}{c^2}$	$\frac{c^2}{10^5}$	$\frac{10^6}{c}$	10c	10c	$\frac{c^2}{10^9}$	$\frac{10^6}{c}$	$\frac{10^6}{c}$	10c	$\frac{10^5}{c^2}$	10c	$\frac{10^5}{c^2}$	$\frac{10^6}{c}$	$\frac{10^6}{c}$
Mie(r) / cgs(esu)	10c	10c	$\frac{10^6}{c}$	$\frac{10^5}{c^2}$	$\frac{c^2}{10^5}$	$\frac{10^6}{c}$	$\frac{4\pi\times}{10c}$	$\frac{4\pi}{10c}$	$\frac{4\pi c^2}{10^9}$	$\frac{10^6}{c}$	$\frac{10^6}{c}$	$4\pi 10c$	$\frac{4\pi 10^5}{c^2}$	$4\pi 10c$	$\frac{10^5}{c^2}$	$\frac{10^6}{4\pi c}$	$\frac{10}{4\pi c}$
Mie(n) / cgsm(emu)	10^{-1}	10^{-1}	10^8	10^9	10^{-9}	10^8	10^{-1}	10^{-1}	10^{-13}	10^8	10^8	10^{-1}	10^9	10^{-1}	10^9	10^8	10^8
Mie(r) / cgsm(emu)	10^{-1}	10^{-1}	10^8	10^9	10^{-9}	10^8	$\frac{4\pi}{10}$	$\frac{4\pi}{10}$	$\frac{4\pi}{10^{13}}$	10^8	10^8	$\frac{4\pi}{10}$	$\frac{10^9}{4\pi}$	$\frac{4\pi}{10}$	10^9	$\frac{10^8}{4\pi}$	$\frac{10^8}{4\pi}$
கணிச விளக்கம் 12.1	1	18	14	41	45	6	7	8	9	22	23	24	25	28	46	32	36

12.6.2. மே.·.சுவெல்லின் பரிந்துரை :

மேஃசுவெல், நீளப்படித்தரத்துக்கு அடிப்படையாக விளங்கிய பூமியின் நெடுக்குக் கால்வட்டப்பரிதியின் நீளமான 10^9 cm ஐக் நீளத்தின் அலகாகக்கொண்டார். $y = 9$ ஆனதால் $x = -11$ ஆகவேண்டும். எனவே அவர் பரிந்துரைத்த நடைமுறை (!)த் திட்டத்தில்

நீளத்தின் அலகு 10^9 cm
நிறையின் அலகு 10^{-11} g

என விளங்கியது. மேஃசுவெல் $\{\mu_0\} = 1$ எனக்கொண்டார்.

மில்லிகிராம் என்பதே மிக நுணுகியதாய் அமைகிறது. இந்த மில்லிகிராமில் 10 கோடியில் ஒரு பங்கைக் கற்பனையும் செய்ய இயலாது; அங்ஙனமே ஒரு கோடி மீட்டரை அடிப்படையாகக் கொள்வதும் எளிதா என்ன ?

12.6.3. 'மை' அலகுத்திட்டம் (Mie system)

குஸ்டாவ் மை (Gustav Mie) பரிந்துரைத்த திட்டத்தில்

நீளத்தின் அலகு 10^0 cm $= 1$ cm
நிறையின் அலகு 10^7 g $= 10^4$ kg

ஆகும். அஃதாவது $y = 0$; $x = 7$; ∴ $x + 2y = 7$; இத்திட்டம் செர்மனியில் பெரிதும் வழங்கிவந்தது.

மை திட்டத்தில் உள்ள சில பொதுவான அலகுகள் :

கணிசம்;	கதி	முடுக்கம்	விசை	வேலை	திறன்	மின்புல	J	B
அலகு :	$Cm\,s^{-1}$	$Cm\,s^{-2}$	10^7dyne	ஜௌல்	வாட்	$V\,cm^{-1}$	$AtCm^{-1}$	$Wb\,Cm^{-2}$

மை அலகுத் திட்டம் ஒழுங்குறுத்தத்துக்கு உட்படுத்தப்பட்டது, ஒழுங்குறுத்தம் (சீராக்கம்) உறாத Mie(n) திட்டத்துக்கும், உற்ற திட்டத்துக்கும் Mie(r) ஏனைய cgs மின்னிலைப்பு மற்றும் மின்காந்த அலகுகளுக்கும் ஆன தொடர்பைப் பட்டியல் மூலம் அறியலாம்.

12.6.4. சியார்சியின் பரிந்துரை;

B ராம் பல்கலைக் கழகத்தில் மின்சாரக் கம்மியத்துறைப் பேரசிரியராக விளங்கிய சியோவன்னி சியார்சி முன்னர்க் குறித்த சமன்பாட்டில் $x = 3$ என்றும் $y = 2$ என்றும் விளங்கத் தக்கவாறு.

நீளத்தின் அலகு 10^2 cm = 1 மீட்டர்
நிறையின் அலகு 10^3 g = 1 கிலோகிராம்.

எனப் பரிந்துரைத்த அலகுத்திட்டம், வழக்கில் உள்ள அலகு களின் அளவீட்டுப் படித்தரங்களால் வரையறுக்கப்பட்டிருந்தது; சியார்சியின் இந்தப் பரிந்துரை மீட்டர்—கிலோகிராம்—நொடி எனப்படும் mks திட்டங்களுக்கு அடிகோலியது.

12.6.5. mks அலகுத்திட்டம் :

மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி முதலானவற்றை அடிப் படையாகக் கொண்ட அலகுத் திட்டத்தை முன்மொழிந்த சியார்சி, இந்த அலகுத் திட்டத்தால் அறிவியலின் எல்லா இயல் களையும் நடைமுறையலகால் அளக்க வகை செய்தார். இந்த மூன்று விசையியல் அலகுகளுடன் மின்சார இயலின் சிறப் பலகாக—ஓம், ஆம்பியர், கூலும் இவற்றுள் ஏதாவது ஒன்றை மேற்கொள்ளலாம் என்று எடுத்துரைத்தார். இதன்வழி விசையியல் அலகுகளும் மின்சார இயலின் மின்காந்த அலகுகளும் ஒருங்கிணைந்தன. இதனால்

(1) கணக்கற்ற மின்சார அலகுத் திட்டங்களின் தேவை யற்ற குழப்பங்கள் ஒழிக்கப்படுகின்றன.

(2) கலப்பு அலகுகளும், ஒரே கணிசத்துக்கு ஒரே திட்டத் தில் உருவாக்கிய வெவ்வேறான பரிமான வாய்பாடுகளும் அவற்றின் ஒழுங்கின்மையும் செம்மையாக்கப்படுகின்றன.

சீராக்கிய (ஒழுங்குறுத்திய) mks திட்டத்தை 1904 இலேயே வெளியிட்டபோதிலும் அவரது திட்டத்தை 1930 வரை எவரும் கருத்தாய்க் கவனிக்கவில்லை. 1930இல் கூடிய பன்னாட்டு மின்னுனுக்கக்குழு(International Electrotechnical Commission—IEC) காந்தப்புலத்தை (H), காந்தப்பாய அடர்த்தியில்(B)இருந்து வேறுபடுத்தியது. B = H எனக் காலாகாலமாய் வழங்கி வந்ததற்கு மாறாக Bக்கு கௌசு (gauss) என்ற அலகையும், H-க்கு எர்ஸ்டெட் (Oersted) என்ற அலகையும் பரிந்துரைத்து அதன்வழி மின்சார அலகுத் திட்டத்தை நான்கு அலகுத் திட்ட மாக ஆக்கிற்று. 1934 இல் அனைத்து நாட்டு இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியல் ஒன்றியம் (IUPAP) $B = \mu H$ என, μ-வுக்குப் பரிமானம் அளித்து B-ஐயும் H-ஐயும் வேறுபடுத்தியது.

எல்லா ஊடகங்களிலும் ஆன மின்சார மற்றும் காந்த விளைவைக் கருதும் ε, μ எல்லாச் சமன்பாடுகளிலும் இடம்

பெற்றேயாக வேண்டும். cgs (கௌசியத்)திட்டத்தில் இவை பரிமானமும் இல்லாமலும், எண்மதிப்பும் 1 எனவும் ஒடுக்கப் பட்டிருந்தால் மறைப்புண்ட விளைவுகளும் கொள்கைகளும் mks திட்டத்தால் தெளிவுற விளங்கின.

இதனால், பன்னாட்டு மின்னுணுக்கக்குழு 1935இல் சியார் சியின் திட்டத்தைப் பரிந்துரைத்து.1938 இல் உறுதிப்படுத்தியது; 1950 இல் ஒழுங்குறுத்தப்பட்ட (சீராக்கப்பட்ட) சியார்சி அலகு களை மேற்கொள்ள வேண்டுமென்று வலியுறுத்தியது.

$\{\mu^\circ\} = 10^{-7}$ எனவே $\{\varepsilon\} = \dfrac{1}{9\times10^{9}} = 1.111\times10^{10}$

சீராக்கமுற்றது.

$\{\mu_o\} = 4\pi\times10^{-7}$ எனவே $\{\varepsilon_0\} = \dfrac{1}{4\pi\times9\times10^{9}} = 8.85\times10^{-12}$

(சீராக்கமுற்றது)

நடைமுறைத் தொல்லைகளையெல்லாம் களைந்த சியார்சி யின் திட்டம் பலவகையில் பயனுடையதாக அமைந்தது:

(1) அடிப்படை அலகுகள் (மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி போன்றவை) படித்தர அலகுகளாகவே அமைந்தன.

(2) மின்சார இயலுக்கு ஓர் அலகை அடிப்படையலகாகக் கைக்கொண்டதால் இது தன்னிறைவும், தற்பொருத்தமும் மிக்கு விளங்குகிறது. இதனால் பரிமானங்கள் பின்னமாய் அமைவது தவிர்ந்தது.

(3) மின்சார காந்தக் கணிசங்களின் வாய்பாடுகளும் சமன் பாடுகளும் ஓரியன்மையுடையனவாயின; இவை பரிமானப்படி சரியாகவும் பொருத்தமாகவும் அமைந்தன.

(4) 10, C, C^2, 1/C, $1/C^2$, 10^7 எர்கு = 1 சௌல்; வெப்ப விசையக் சமனி (mechanical equivalent of heat) போன்ற மாற்று மாறிலி எதுவும் கிடையாது.

(5) ஏற்கனவே குறித்தபடி அனைத்து அலகுகளும் நடை முறை அலகுகளாகவே (சௌல், வாட், ஆம்பியர், வோல்ட், ஓம், கூலும், பேரட், என்ரி) அமைந்தன. இதனால் இந்த அலகைக் கைக்கொள்வது நடைமுறையில் சிறு சிக்கலையும் உருவாக்குவதில்லை.

(6) வழக்கத்தில் இருந்த cgs அலகுத்திட்ட வரையறைகள் பெரும்பாலும் மாற்றமின்றிக் கைக்கொள்ளப்படுகின்றன.

(7) cgs மின்சார இயல் அலகுத் திட்டங்களில் பெரும் பாலனவற்றுக்குப் பெயர் கிடையாது. mks அலகுத் திட்டத்தில் எல்லா அலகுகளும் பெயர்ப் பொருத்தத்துடன் விளங்குகின்றன.

(8) யாவற்றுக்கும் மேலாக, இத்திட்டம் (Rmks A) மின் சாரயியலின் வலிந்த அடிப்படையாக அமையும் மேக்சுவெல் சமன்பாடுகளை மிகஎளிதாக ஆக்கியது (12.7 இல் காண்க)

இந்த mks திட்டத்தை சியார்சி பரிந்துரைக்கும்போது மின் சார இயல் சிறப்பலகாக ஓம், ஆம்பியர் கூலும் இவற்றுள் ஏதாவது ஒன்றைக் கைக்கொள்ளலாம் என்று கூறி, மின்தடையலகான ஓம்-ஐ அத்தகைய சிறப்பலகாகக் கொண்டார். அந்தத் திட்டமே mks O அல்லது mks Ω அலகுத்திட்டம்.

12.6.6. mks O அலகுத் திட்டம்

இது இன்றைய அலகீட்டுத் திட்டத்தின் தந்தையான சியார்சி முதன்முதலாக 1904இல் அறிவித்த mks திட்டம் ஆகும். இதில் மின்சார இயலின் அடிப்படைக் கணிசம் மின்தடை; அதன் அலகு ஓம். இதன்பின் ஏனைய அலகுகள் வருவிக்கப் பட்டன.

(எ-டு) **மின்னோட்டம்**: இதற்கான வரையறைச் சமன்பாடு $P = I^2R$.

திறன் = (மின்னோட்டம்)^2 × மின்தடை

[திறன்] = L^2MT^{-3}; [தடை] = R; [மின்னோட்டம்] = ?

பரிமானங்களை வரையறைச் சமன்பாட்டில் இட

$$L^2MT^{-3} = [I]^2R$$

அல்லது $[I]^2 = L^2M\,T^{-3}R^{-1}$

$$[I] = LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$$

மின்னோட்டத்தையும் தடையையும் கொண்டு முன்பு குறித்த மாதிரியே ஏனைய எல்லா அலகுகளையும் வருவித்து விடலாம்.

கணிசம்		பரிமானம்	பார்வை
மின்னூட்டம்	Q	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{\frac{1}{2}}$	12.1.1
மின்சாரப்பாயம்	ψ	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$	12.1.7
மின்சார இடப் பெயர்ச்சி	D	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$	12.1.8
இசைவியன்மை	ε	$L^{-1}TR^{-1}$	12.1.9
மின்னழுத்தம்	U	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$	12.1.14
மின்புலவலிமை	E	$M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{\frac{1}{2}}$	12.1.16
மின்னோட்டம்	I	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$	12.1.18
காந்தப் பாயம்	ϕ	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$	12.1.22
காந்தப்பாய அடர்த்தி	B	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$	12.1.23
காந்தப்புலவலிமை	H	$M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$	12.1.24
புக்கியன்மை	μ	$L^{-1}TR$	12.1.25
காந்த இயக்குவிசை	I_m	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{3}{2}}R^{-\frac{1}{2}}$	12.1.28
காந்த வெறுப்பம்	R_m	$T^{-1}R^{-1}$	12.1.30
புகுமியம்	Λ	TR	12.1.31
காந்தவாக்கச் செறிவு	M	$L^{-1}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$	12.1.32
காந்தவச் சுழலம்	m	$L^{2}M^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$	12.1.35
காந்த முனைவலிமை	P	$LM^{\frac{1}{2}}T^{-\frac{1}{2}}R^{\frac{1}{2}}$	12.1.36
மின்தடை	R	R	12.1.41
மின்கொண்மம்	C	TR^{-1}	12.1.45
மின்தூண்டம்	L	TR	12.1.46

12.6.7. mksc அலகுத் திட்டம்

மின்தடையை அடிப்படையாகக் கொண்ட அலகுத் திட்டத்தில் வரும் பரிமானங்களும் $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$ எனப் பின்னமாக வருகின்றன. மேலும் மின்சாரம் என்றவுடன் காலாகாலமாக மின்னூட்டத்தையே கருதி வந்திருக்கிறோம். எனவே தடையை அடிப்

படையாகக் கொள்வதைவிட மின்னூட்டத்தை அடிப்படை யாகக் கொள்வது மரபுக்கு ஒத்ததாக அமையும். அத்துடன் மின்னூட்டங்களுக்கு இடையிலான விசைபற்றிய கூலும் நெறி யில் Q இருபடியில் வருவதால் அதனை அடிப்படையாகக் கொண்ட பரிமானச் சமன்பாடுகள் $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$ எனப் பின்ன எண் களாக அமையாமல் முழு எண்களாகத் திகழும். இச் சீர்மை யையும் கருதி அறிஞர் அர்னால்டு சாமர்பீல்டு மின்னூட் டத்தின் அலகான கூலும்-ஐ மின்சார இயல் சிறப்பலகாகக் கொண்ட திட்டத்தைப் பரிந்துரைத்தார். இதன்படியான பரிமானங்கள் ஆவன :

(1) மின்னோட்டம் = மின்னூட்டம் ÷ நேரம்

$$[I] = QT^{-1}$$

(2) மின்னழுத்தம் = வேலை ÷ மின்னூட்டம்

$$[U] = L^2MT^{-2}Q^{-1}$$

கணிசம்	mksc	பரிமானம்	பார்வை 12.1
மின்னூட்டம்	Q	Q	12.1.1
மின்சாரப் பாயம்	ψ	Q	7
மின்சார இடப்பெயர்ச்சி	D	$L^{-2}Q$	8
இசைவியன்மை	ε	$L^{-3}M^{-1}T^2Q^2$	9
மின்னழுத்தம்	U	$L^2MT^{-2}Q^{-1}$	14
மின்புலவலிமை	E	$LMT^{-2}Q^{-1}$	16
மின்னோட்டம்	I	$T^{-1}Q$	18
காந்தப் பாயம்	ϕ	$L^2MT^{-1}Q^{-1}$	22
காந்தப்பாய அடர்த்தி	B	$MT^{-1}Q^{-1}$	23
காந்தப்புல வலிமை	H	$L^{-1}T^{-1}Q$	24
புக்கியன்மை	μ	LMQ^{-2}	25
காந்த இயக்குவிசை	Im	$T^{-1}Q$	28
காந்த வெறுப்பம்	Rm	$L^{-2}M^{-1}Q^2$	30
புகுமியம்	Λ	L^2MQ^{-2}	31
காந்தவாக்கச் செறிவு	M	$MT^{-1}Q^{-1}$	32
காந்தவச் சுழலம்	m	$L^3MT^{-1}Q^{-1}(L^2T^{-1}Q)$	35
காந்தமுனை வலிமை	P	$L^2MT^{-1}Q^{-1}(LT^{-1}Q)$	36
மின் தடை	R	$L^2MT^{-1}Q^{-2}$	41
மின்கொண்மம்	C	$L^{-2}M^{-1}T^2Q^2$	45
மின்தூண்டம்	L	LM^2Q^{-2}	46

* சோமர்பீல்டின் m=IA பரிந்துரைப்படி

இவ்வாறே இதன் பரிமாணங்கள் யாவும் முழு எண்களாக விளங்குகின்றன.

12.6.8. வேறு சில அலகுத் திட்டங்கள்

இதுவரை கண்ட அலகுத்திட்டங்கள் Rmks A, SI இவற்றையும் தவிர்த்து பல்வேறு அலகுத் திட்டங்கள் பரிந்துரைக்கப்பட்டிருந்தன.

(1) OASM அலகுத்திட்டம் : மின்சார இயலில் நிறை என்ற கணிசம் இன்றியமையாத ஒன்றல்ல என்பதால் ஓம், ஆம்பியர், நொடி, மீட்டர் என்ற அலகுகளைக் கொண்டது OASM அலகுத்திட்டம்.

(2) ஹாடோவிசி அலகுத்திட்டம் : 1956 இல் அமெரிக்கப் பூதவியல் ஆய்வு மலரில் (American Journal of Physics)B.F. ஹாடோவிசி என்பார் பரிந்துரைத்த இந்தத் திட்டத்தில் வெற்றிடத்திலான மாறிலி மதிப்புகள் அடிப்படையலகுகளாக விளங்கின. அவையாவன: ஈர்ப்பு மாறிலி (gravitational constant), புகுதிறம் என்ற புக்கியன்மை (permeability), இசைவியன்மை (permittivity), மின்னூட்டம். இதன்படியான அலகு மதிப்புகளாவன :

கணிசம்	ஹாடோவிசித் திட்டம்	SI மதிப்பு
நீளம்	1 ஹாடோவிசி நீளம்	4.88×10^{-36} மீட்டர்
காலம்	1 ஹாடோவிசிக்காலம்	16.3×10^{-45} நொடி

(3) MSQO அலகுத்திட்டம் : P.L. காலன்ட்டரோவ் (P.L. Kalantaroff) என்பவர் பரிந்துரைத்த MSQO அலகுத் திட்டம் தன்னளவில் மிகவும் பொருந்திவரக்கூடிய திட்டம் ஆகும். எனினும் நிறையின் அலகை கைக்கொள்ளாததால் இது ஒரு செயற்கையான திட்டமாகத்தான் அமைந்துள்ளது. எனவே மின்சார இயல் தவிர்த்த ஏனைய பொதுவகைப் பயன்பாட்டுக்கு இது உதவாது. OASM கராபெடோவ் (12.4.7) அலகுத் திட்டங்களும் இதே குறைபாடு உடையன.

12. 6. (B). சில ஐந்தலகுத் திட்டங்கள்

அடிப்படை அலகுகளின் எண்ணிக்கை மிகுந்தால் அளவீடு எளிதாக அமையும் என அறிவோம். எனவே நான்கலகுத் திட்டங்களைவிட ஐந்தலகுத் திட்டங்கள் பயனாய் இருக்கும். இதன்படி அமைந்த இரண்டு அலகுத் திட்டங்கள் mks <Q><P> திட்டமும், mksVA திட்டமும் ஆகும்.

12.6.9. கோ.ஃ.ன் இன் mks<Q><P> அலகுத்திட்டம்

எய்ன்ரிச் எர்ட்சு (Heinreich Herts)-இன் ஒரு சாலை மாணாக்கரான எமில் கோ.ஃ.ன் (Emil Cohn) ஐந்தலகுத் திட்டம் ஒன்றைப் பரிந்துரைத்திருந்தார். எனினும் இதனை விளக்கும் ஆராய்வை அவர் தாடரவில்லை. J. சென்னக் (J. Zenneck) முதலான கோ.ஃ.ன்-இன் மாணவர்கள் இத் திட்டத்தை விரும்பிப் பின்பற்றினர்.

இந்தத் திட்டத்தில் மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி-மூன்றுடன் மின்னூட்டத்துக்காக ஓர் அலகும், காந்தமுனை வலிமைக்கான ஓர் அலகும் சேர்க்கப்பட்டன. இதனை நாம் mks <Q><P> எனக் குறிப்போம். இந்த அலகுத்திட்டம் மின்சார இயலையும் காந்த நிலைப்பியலையும் ஒப்புமைப் படுத்தியது (12.1.26-இல் காண்க). கோ.ஃ.ன் அலகுத்திட்டம் பின்னர் வந்த ஆய்வுகளாலும் குறைகாண இயலாத ஒரு திட்டமே.

கோஃன் திட்டப்படி கணக்கிட்டால் ஒளியின் கதி

$$C = V\,(\varepsilon_0 \mu_0)^{-\frac{1}{2}}$$

இதில் V என்பது ஒரு மாறிலி "V, ε_0, μ_0 என்பவற்றின் மதிப்புகளைத் தக்கவாறு கைக்கொள்வதால், இதன் மதிப்புகளை ஏனைய அலகுத் திட்டங்களில் மாற்றுவதற்கு மிகவும் எளிதாக ஏந்தாக இது அமைகிறது'' என H.A. லாரண்ட்சு குறிப்பிட்டார்.

V = 1 என்று கொண்டால் $C = (\varepsilon_0 \mu_0)^{-\frac{1}{2}}$ என நமது RmksA (SI) அலகுத் திட்டத்துடன் இது ஒப்புமையுடையதாய் அமையும்.

12.6.10. mksVA அலகுத்திட்டம்

மீட்டர், கிலோகிராம், நொடி, வோல்ட், ஆம்பியர் என்ற ஐந்து அலகுகளைக் கொண்ட mksVA அலகுத்திட்டம் மிதமிஞ்சிய அலகுகளைக் கொண்ட ஒரு திட்டம் ஆகும்.

வோல்ட் × ஆம்பியர் = வாட் = சௌல்/நொடி Js^{-1} 'சௌல்/நொடி' என்பது mks என்ற மூன்று அலகுகளாலேயே வரையறுக்கப்படும் வருவித்த கணிசமாக அமைவதால், வோல்ட், ஆம்பியர்-இரண்டையும் அடிப்படையலகுகளாகக் கொள்வது தேவையற்றது. மேலும் இந்த இரு அலகுகளும் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புற உருவாக்கப்பட்டவை யாகையால் ஏதாவது ஒன்றைக் கைக்கொண்டாலே போதும்.

12.7. RmksA அலகுத் திட்டமும் மேஃசுவெல் சமன்பாடுகளும்

மின்னூட்டம் Q = It. எனவே மின்னூட்டத்தைக் காட்டிலும் மின்னோட்டச் செறிவை அடிப்படைக் கணிசமாகக் கொள்வது ஏரண அளவில் சரியாக அமையும்*. மேலும் மின்னோட்டச் செறிவின் அலகான ஆம்பியரை எந்த ஓர் இயல்பான ஆய்வகத்திலும் மின்னோட்டத்துலை (current balance) யால் மிகுந்த நுட்பத்துடன் அளக்க இயலும், எனவே பன்னாட்டு மின்னுணுக்கக் குழு (IEC), 1950இல்-mks திட்டத்தின் தந்தையான சியார்சி காலமாவதற்கு ஒரு மாதத்துக்கு முன்னர்-சியார்சி திட்டத்தின் நான்காவது அடிப்படைக் கணிசமாக மின்னோட்டத்தையும் அதன் அலகாக ஆம்பியரையும் கைக்கொண்டது.

சியார்சியின் இந்தத் திட்டத்தால் மின், காந்தப்புலக் கணிசங்களின் அலகுகள் அனைத்தும் ஆம்பியர், வோல்ட் முதலான அலகுகளில் கூறப்பெறுகின்றன. இதனால் மின் சுற்றுக் கணிசங்களும் (circuit quantities), புலக் கணிசங்களும் (field quantities) ஒருங்கியைகின்றன.

12.7.1. சில RmksA அலகுகளும் மதிப்புகளும்

RmksA திட்டத்தில் வருவித்த கணிசங்களின் அலகுகள் சிலவற்றைக் காணலாம்.

* "அந்த மின்னோட்டச் செறிவும் $F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 l}{r^2}$ என்ற சமன்பாட்டில் μ_0 - என்ற மாறிலியின் அடிப்படையாய் அமைவதால் μ_0 - தான் மூல முதலானது. இந்த மாறிலியில் இருந்து வருவித்த படித்தரம் தான் ஆம்பியர். எனவே μ_0 - யே மூலமுதல்" என்றும் கூறுவர்

(1) **மின்சார, காந்த மாறிலிகள் :** இந்தத் திட்டம் சீராக்கம் உற்ற திட்டம் ஆதலால் மின்னோட்டச் செறிவின் வரையறையில் இருந்து

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{Hm^{-1}}$$

என்பது புலனாகும்.

$$\mu_0 \varepsilon_0 = \frac{1}{C^2}$$

ஆதலால் $\varepsilon_0 = \frac{10^7}{4\pi c^2}\ \mathrm{Fm^{-1}}$

$$= 8.854 \times 10^{-12}\ \mathrm{Fm^{-1}}$$

(2) **மின்னழுத்தம்** (potential); cgse அலகுத்திட்டத்தில் ''ஓரலகு மின்னூட்டத்துக்கான வேலை'' என்று வரையறுத்ததற்கு மாறாக, இத்திட்டத்தின் அடிப்படையலகான ஆம்பியரில் இருந்து ''ஓரலகு மின்னோட்டத்துக்கான திறன்'' என வரையறுக்கப்படுகிறது. **(தாயும் மகளும் பெண்தான் !)**

$$\text{மின்னழுத்தம்}\ U = \frac{\text{திறன்}}{\text{மின்னோட்டம்}}$$

$$\langle U \rangle = \frac{\text{வாட்}}{\text{ஆம்பியர்}} = \text{வோல்ட்}\ V$$

மின்னோட்டம் மின்னழுத்தம் இரண்டையும் கொண்டு ஏனைய கணிசங்களின் அலகுகளைத் தொடர்ந்து தருவிக்கலாம்.

12.7.2. RmksA இல் சில கணிசங்களின் தொடர்புகள்:

(1) இத்திட்டத்தில் மின்னூட்டம், மின்னோட்டத் துடிப் பாகக் கருதப்பெறும்.

$$Q = \int I\,dt\ ;\ \langle Q \rangle = As = C;\ [Q] = IT$$

(2) மின்னோட்டத்துடிப்பு, மின்னூட்டத்துடன் தொடர் புற்றிருப்பதைப்போல மின்னழுத்தத் துடிப்பு $\int U dt$ காந்த ஊட்டத்துடன் (magnetic charge—Qm) அதன்வழி காந்தப் பாயத்துடனும் ϕ தொடர்புறுத்தப்பெறும்.

$$Q_m = \int U dt\ ;\ Q_m = \phi$$

எனவே $Q_m = \int U dt = \phi$

$$[Q_m][\phi] = [Udt] = L^2MT^{-2}I^{-1}$$

$$<Q_m> = <\phi> = <Vdt> = Us = Wb \text{ வீபர்}$$

எனவே இவை வீபரில் (= வோல்ட் நோடி) அளக்கப்படுகின்றன*.

(3) மின்பாயம் Ψ, காந்தப்பாயம் ϕ, காந்த ஆற்றல் வேறுபாடு Um, மின்னழுத்தம் U முதலானவை முறையே மின்சார இடப்பெயர்ச்சி *D*, காந்தப்பாய அடர்த்தி B காந்தப் புலச்செறிவு *H*, மின்புலச் செறிவு *E* ஆகியவற்றால் வரையறுக்கப் படுகிறது.

மின்சாரப்பாயம் $\psi = \int Dda = Q$ (மின்னூட்டம்)

காந்தப் பாயம் $\phi = \int Bda = Qm$ (காந்தவூட்டம்)

காந்த ஆற்றல் வேறுபாடு $Um = \oint Hds$

மின் அழுத்தம் $U = \int Eds$

(4) மின்னோட்டம் I, மின்பாயம் ψ, காந்தப்பாயம் ϕ இவற்றைக் கொண்டு பிற அலகுகளை வருவிக்கும் வகை :

(a) செய்முறை ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் நேரடித் தொடர்புக் கணிசங்களை உருவாக்கும் முறை :

மின்கடத்தம் G, மின்கொண்மம் C, தன்தூண்டம் L முதலானவற்றைச் செய்முறையின் வழி

$$I \propto U \text{ அல்லது } I = GU \quad (4\ a\ 1)$$

$$\text{எனவே } <G> = <\frac{I}{U}> = AU^{-1} = \Omega^{-1} = S \text{ (சீமென்)}$$

$$\psi \propto U \text{ அல்லது } \psi = CU \quad (4\ a\ 2)$$

$$\text{எனவே } <C> = \frac{\psi}{U} = CV^{-1} = F \text{ (பேரட்)}$$

$$\phi \propto I_m \text{ அல்லது } \phi = LI_m \quad (4\ a\ 3)$$

$$\text{எனவே, } <L> = <\frac{\psi}{I_m} = Wb\ A^{-1} = H \text{ (என்ரி)}$$

*SI-கென்னலி பரிந்துரையில் காந்தமுனைவலிமை வீபரில் அளக்கப்பட்டது.

(b) I, ψ, ϕ என்ற கணிசங்களைப் பரப்பால் வகுத்தால் அவ்வவற்றின் அடர்த்தி எனப்படும் வெக்டார் (திசையுளிக்) கணிசங்களைப் பெறலாம்

மின்னோட்ட அடர்த்தி, $j = \frac{I}{a}$; எனவே அலகு $<j> = Am^{-2}$

மின்சார இடப் பெயர்ச்சி $D = \frac{\psi}{a}$; எனவே அலகு $<D>$ Cm^{-2}

காந்தப் பாய அடர்த்தி $B = \frac{\phi}{a}$; எனவே அலகு $<B> = Wb\ m^{-2}$

(c) இங்ஙனமே U, Im இவற்றை அவற்றின் இடப் பெயர்ச்சியால் (displacement) வகுத்தால் அவற்றுக்கான புலச் செறிவுத் திசையுளிகளைப் பெறலாம்.

$\frac{U}{l} = E =$ { ஓரலகுத் தொலைவுக்கான மின்னழுத்த வேறுபாடு அல்லது மின்புலவலிமை

எனவே இதன் அலகு $<E> = Vm^{-1}$

$\frac{I_m}{l} = H =$ { ஓரலகுத் தொலைவுக்கான காந்த ஆற்றல் அல்லது காந்தப் புலவலிமை

எனவே இதன் அலகு $<H> = Am^{-1}$

(d) மேலே கண்ட சமன்பாடுகளை மீண்டும் கருதலாம்

$$1 = GU; \quad \psi = CU; \quad \phi = LI_m \qquad (4a)$$

$$J = Ia; \quad D = \frac{\psi}{a} \quad B = \frac{\phi}{a} \qquad (4b)$$

$$\frac{U}{l} = E \quad \frac{U}{l} = E \quad \frac{I_m}{l} = E \qquad (4c)$$

இவற்றைக்கொண்டு கீழ்க்கண்ட தொடர்புகளைப் பெறலாம்.

$$j = \frac{I}{a} = \frac{GU}{l^2} = \frac{G}{l} E = \gamma E \text{ அஃதாவது } j = \frac{G}{l} E = \gamma E$$

$$D = \frac{\psi}{a} = \frac{CU}{a} = \frac{C}{l} E = \varepsilon E \text{ அஃதாவது } D = \frac{C}{l} E = \varepsilon E$$

$B = \frac{\phi}{a} = \frac{LIm}{a} = \frac{L}{l} \cdot H$ அஃதாவது $B = \frac{L}{l} \cdot H = \mu H$

$j = \frac{G}{l} \cdot E = \gamma E$ இதில் $\gamma = \frac{G}{l}$ ஊடகத்தின் கடத்தம் $\frac{G}{l}$ <சீமென்>.

$D = \frac{C}{l} \cdot E = \varepsilon E$ இதில் $\varepsilon = \frac{C}{l}$ ஊடகத்தின் இசைவியன்மை <Fm^{-1}>

$B = \frac{L}{l} \cdot H = \mu H$ இதில் $\mu = \frac{L}{l}$ புக்கியன்மை <Hm^{-1}>

(e) கூலும் நெறி போன்ற அனைத்தும் சியார்சி திட்டத்தில் மின்னோட்டம் மின்னழுத்தம் முதலானவற்றாலேயே தருவிக்கப் படுவதால், இந்த நெறிகளுக்கு ஓர் இன்றியமையாமை இல்லாது போகும். மாறாக

$F = QE \qquad F = \phi H$
$F = qUB$
$F = IB$

முதலான எளிய தெளிவான சமன்பாடுகள் நிலவிவரும்

12.7.3. RmskA அலகுகளைப் பயன்படுத்தும்போது நினைவில் இருத்திக் கொள்ள வேண்டிய சில விளக்கங்கள்:

(1) மின்னிகள், அயனிகள், மின்னூட்டத் துகள்கள் இவற்றின் நகர்வால் மின்கடத்துகை ஏற்படுகிறது. வெற்றிடத்தில் இவை இல்லாதனவால் கடத்தம் $\gamma_0 = 0$ அஃதாவது வெற்றிடம் முற்றிலுமான ஒரு கடத்திலி; முழுத்தடையை அளிக்கிறது.

எனினும் மின்சார இசைவியன்மை, காந்தப் புக்கியன்மையைப் பொறுத்தவரையில் வெற்றிடம் முழுத்தடையை அளிப்பதல்ல. மாறாக ஓரளவு—ஏனைய எல்லா ஊடகங்களையும் விடக் குறைந்த அளவில் புகவிடுகிறது.

(2) $[\mu_0/\varepsilon_0]^{\frac{1}{2}}$ தடையூட்டத்தின் பரிமானத்தைப் பெற்றிருக்கிறது.

$$[\mu_0/\varepsilon_0]^{\frac{1}{2}} = LMT^{-2}I^{-2}/L^{-3}M^{-1}T^4I^2] = L^2MT^{-3}I^{-2} = [R] = [Zo]$$

வெற்றிடத்தில் கடத்துகை $G = 0$. அஃதாவது தடை சுறற்றது; ஆனால் அதன் தடையூட்டமோ $Z_0 = 376.731$ ஓம்

என SI இல் காணப்பட்டுள்ளது. ஈறற்ற தடை எப்படி 377 ஓம் ஆயிற்று என மயங்க வேண்டியதில்லை.

தடையென்பது மின்னூட்டப் பாய்வின் பண்பைப் பற்றியது. தடையூட்டம் என்பது மின்சாரப்பாயத்தின் பாய்வுப் பண்பைப் பற்றியது. வெறுப்பம் என்பது காந்தப்பாயத்தின் பாய்வுப் பண்பைப் பற்றியது. மின்னூட்டமும், மின்பாயமும் கூலும் என்ற ஒரே அலகால் குறிப்பிடப்பட்ட போதிலும் மின்னூட்டம் ஒரு துகளைப் பற்றியது; மின்பாயம் புலத்தைப் பற்றியது. புலத்தைப் பற்றிய கணிசமே தடையூட்டம்.

12.7.4. RmksA-யும் அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டமும் (SI).

மின்சார இயலுக்கான இந்த RmksA அலகுத் திட்டம் அப்படியே அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்துள் ஏற்கப்பட்டுள்ளது. எனவே அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்தைப் பற்றி விரித்துரைத்திருப்பது அனைத்தும் RmksA அலகுத் திட்டத்துக்கும் பொருந்தும். RmksA அலகுத் திட்டத்தின் பரிமானங்கள், வாய்பாடுகள், பிற அலகுத் திட்டத்தை (SI)ப் பற்றிய விளக்கங்கள் அட்டவணைகள் முதலியனவற்றால் தெளிவாக அறியலாம்.

12.7.5. மேஃசுவெல் சமன்பாடுகள்

தற்போது வழங்கிவரும் மின்காந்தக் கொள்கையைப் பகுத்தாய்ந்து, அதற்கு உறுதியான அடித்தளமாக அமையும் நான்கு சமன்பாடுகளை* சேம்ஸ் கிளார்க் மேஃசுவெல் (James Clark Maxwell 1831-79) ஆய்ந்துரைத்தார்.

cgs கௌசியத் திட்டத்தில் மேக்.·.சுவெல்லின் சமன்பாடுகள் அமையுமாறு : ∇-நவ்லா (nabla) எனப்பெறும்.

1. **பேரடேநெறி**

$$\nabla \times E = -\frac{1}{C}\frac{\delta B}{\delta t}$$

2. **ஆம்பியரின் மொத்த மின்னோட்ட நெறி**

$$\nabla \times H = \frac{4\pi}{C} j + \frac{1}{C} \cdot \frac{\delta D}{\delta t} \quad (2)$$

*இந்தச் சமன்பாடுகளின் விளக்கத்தை மின்காந்தக் கொள்கை (electromagnetic theory) பற்றிய ஏதாவதொரு புத்தகத்தில் பார்த்துக் கொள்ளலாம்.

3. பாய்சான் சமன்பாடு

$\nabla . D = 4\pi\rho$ (3)

4. காந்தத் தூண்டல் விசைக்கோட்டுத் தொடர்பு

$\nabla . B = O$ (4)

இவற்றில் உள்ள E,D,H,B ஆகிய கணிசங்களை ஊடகத்தின் மின்சார மற்றும் காந்தக் கணிசங்களுடன் தொடர்பு படுத்தும் சார்புற்ற சமன்பாடுகள் ஆவன

$$D = \varepsilon_r E \quad (5)$$
$$B = \mu_r H \quad (6)$$
$$j = c E \quad (7)$$

இவற்றுடன் விசைகுறித்த இரு சமன்பாடுகளையும் கருத இது நிறைவுறும்.

$$F = EQ\ (7)\ ;\ dF = \frac{1}{C} I\, d s\, B \text{ (கௌசியத் திட்டம்)} \quad (9)$$

இவற்றிலுள்ள குறியீடுகளாவன : E-மின்புலவலிமை; D மின்சார இடப்பெயர்ச்சி (மின்சாரப்பாய அடர்த்தி); H காந்தப்புலவலிமை; B காந்தப்பாய அடர்த்தி j-மின்னோட்ட அடர்த்தி ds-நுணுகிய தொலைவு; Q-மின்னூட்டம்; F-விசை; c-ஒளியின் கதி. இவை யாவும் வெக்டார் (திசையுளிக்) கணிசங்கள் ஆகும். P-மின்னூட்ட அடர்த்தி; εr-ஒப்பு இசைவியன்மை; μr-ஒப்புப் புக்கியன்மை.

இதில் கொடுத்துள்ள 'டெல்' அல்லது நவ்லா ∇ என்ற குறியீடு திசையுளிப் பகுனிப்பான் (vector differential operator) ஆகும். x,y,z குத்தாயங்களில் நவ்லா

$$\Delta = \left(\frac{\delta}{\delta_x} \cdot \frac{\delta}{\delta_y} , \frac{\delta}{\delta_z} \right)$$

நவ்லா என்பதற்குப் பதிலாக

$\nabla \times E$ ஐ curl+ E

$\nabla \times H$ ஐ curl H

$\nabla \cdot$ ஐ div*D

$\nabla . B$ ஐ div B

* Curl—தமிழ் குருள் = வளைந்த; குருள் >curl எனவே Curl of a vector என்பதற்கு ''வெக்டரின் டெல் குறுக்குப் பெருக்குத் திசையாயின்சுழல் திசையின் சுருட்டை (கணிதக் கலைச் சொற்கள் பக்கம் 30) என நீட்ட வேண்டாம். திசையுளிக்குருள் என எளிமையாகவும் சுருக்கமாகவும் குறிக்கலாம்.

*div-divergence of a vector-திசையுளியின் விரிகை

★derivative–தருகி

cgse (esu)	cgsm (emu)	cgs கௌசியத்திட்டம்	HLU	RSI/mks(r)	அடிக் குறிப்பு
$\Delta \times E = -\frac{\delta B}{\delta t}$	(esu-இல் உள்ளதே.)	$\nabla \times E = -\frac{1}{C}\frac{\delta B}{\delta t}$	$\nabla \times E = -\frac{1}{C}\frac{\delta B}{\delta t}$	$\nabla \times E = -\frac{\delta B}{\delta t}$	1
$\Delta \times H = \frac{\delta D + 4\pi j}{\delta t}$		$\nabla \times H = \frac{4\pi}{C} j + \frac{1}{C}\frac{\delta D}{\delta t}$	$\nabla \times H = \frac{1}{C} J + \frac{1}{C}\frac{\delta D}{\delta t}$	$\nabla \times H = \frac{\delta D}{\delta t} + j$	2
$\Delta . D = 4\pi P$		$\nabla . D = 4\pi\rho$	$\nabla . D = \rho$	$\nabla . D = \rho$	3
$\Delta . B = O$		$\Delta . B = O$	$\nabla . B = O$	$\nabla . B = O.$	4
$D = \varepsilon r E$	$D = \frac{1}{c^2} \varepsilon r E$	$D = \varepsilon r E$	$D = \varepsilon r E$	$D = \varepsilon E$	5
$B = \frac{1}{c^2} \mu r H$	$B = \mu r H$	$B = \mu r H$	$B = \mu r H$	$B = \mu H$	6
$j = CE$	$j = cE$	$j = cE$	$j = cE$	$j = cE$	7
$F = EQ$	(esu-இல் உள்ளதே)	$F = EQ$	$F = EQ$	$F = EQ$	8
$dF = IdsB$		$dF = \frac{1}{C} IdsB$	$dF = \frac{1}{C} IdsB$	$dF = IdsB$	9

1. C - அந்தந்தத் திட்டத்தில் ஒளியின் கதி (velocity)

5, 6. வெற்றிடத்தில் cgs திட்டத்தில் $D = E \;\; ; B = H$

mks(r) ,, $D = \varepsilon_0 E ; B = \mu_0 H$

1, 2, 3, 8, 9-cgs திட்டத்தையும் mksA(r) திட்டத்தையும் ஒப்புநோக்க mksA(r) திட்டத்தில் c, 4π போன்ற எந்த மாறிலியும் நுழையாமல் இந்தச் சமன்பாடுகள் யாவும் நேர்த்தியாய் விளங்குகின்றன.

1 - 4 மேக்சுவெல் சமன்பாடுகள்

5 - 9 தொடர்புச் சமன்பாடுகள்

எனவும் குறிப்பிடுவதுண்டு. முதல் தொகுதியின் பெருக்கல், திசையுளியின் குறுக்கைப் பெருக்கல் (cross product) எனவும் அடுத்த தொகுதியின் பெருக்கல் திசையுளியின் புள்ளிப் பெருக்கல் (dot product) எனவும் அறிவோம். இங்ஙனமே ஒரு கணிசத்தின் பகுதி நேரத் தருகிகள் (partial time derivatives) அக்கணிசக் குறியீட்டின் மீது புள்ளியிடுவதால் சுட்டிக்காட்டப் படும். எ-டு

$$\frac{\delta B}{\delta t} = ; \frac{\delta D}{\delta t} = D$$

மின்காந்த இயலின் அடிப்படைச் சமன்பாடுகளான மேக்சுவெல் சமன்பாடுகளும் அவற்றுடன் தொடர்புற்றனவும் சீராக்கப்பட்ட mks A அலகுத்திட்டத்தில் மிக எளிமையாய் அமைந்து விடுகின்றன.

நடைமுறைப் பயன்பாட்டுக்கு mks A(r) அலகுத் திட்டம் எவ்வளவு சீராகத் திகழ்கிறது என்பது இதனால் புலப்படும்,

சீராக்கமுற்ற mksA அலகுத்திட்டத்தின் கூர்தலற வளர்ச்சியாக விளங்கும் SI-யால் மின்னிலைப்பியல் அலகு என்றும் மின்காந்தவியல் அலகு என்றும் இருவேறு அலகு மதிப்புகளால் காலாகாலமாக மாணவர் சமூகத்தைப் பயமுறுத்திவந்த சிக்கல் இவ்வாறாக ஒழிந்தது. இத்தோடு மின்சார அலகுகள் பற்றிய இனிமையற்ற இப்பணியும் தீர்க்க முடிந்ததாகக் கருதலாம் என சோமர்பீல்டுவின் சொற்கோவையால் நாமும் முடிக்கலாம்.*

*We have frightened generations of students with these two sets of values.......
(Page 45)

.........With this, the unpleasant business of electrical units may be regarded as definitely disposed off.
(Page 125)

(Arnold Somerfeld; *Elektrodynamik* Enghish translation 1964)

13. சில அணுவியல் அலகுகள்

Few units of Atomic Physics

அணுவைத் துளைத்துஏழ் கடலினைப் புகட்டினும்
அவற்றையும் அலகிட அலகுகள் தேவை!

அணுவியல் கணிப்பதற்கு இயலாத அளவில் பெருவளர்ச்சி யடைந்துள்ளது. சிக்காக்கோப் பல்கலைக் கழகத்தில், ''இத்தாலிய மாலுமி'' தனது ''கப்பலைச் சேமமாகக் கரை சேர்த்ததில்'' இருந்து அறிவியலை உணராதவர்களையும் அணுவியல் கவர்ந்து விட்டது. இந்த அணுவியலின் நிகழ்ச்சிகளையும், அணுத்துகள்களின் பண்புகளையும் பற்றிய பல்வேறு கணிசங்களுக்கான எத்தனையோ அளவீடுகள் வழக்கில் உள்ளன. அவற்றுட் பல cgs திட்ட அலகுகளைச் சேர்ந்தவை. சில திட்டமில் அலகுகள். எனினும் SI பயன்பாட்டை யொட்டி, தற்போது அணுவியற் கணிசங்களின் அலகுகள் SI-இல் வரையறுக்கப்பட்டு வருகின்றன. அணுவியலில் முக்கியமான சில அலகுகளைப் பார்க்கலாம்.

13.1. அணுவின் அடிப்படைப் பண்புகள் பற்றிய அலகுகள்

13.1.1. நிறை (mass)

நிறைக்குரிய பல்வேறு அலகுகளை 2.2.11. இல் கண்டோம். இந்த நிறையலகுகள் இருவகைப்படுவன: 1. பொதுவாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட அலகுகளால் (kg, g) அளக்கப்பெறும் நிறையலகுகள்; 2. ஒன்றின் சார்பாக அளக்கப்பெறும் நிறையலகுகள். அணுவியலில் பயன்படுத்தப்பெறும் (டால்ட்டன் என்ற) **அணு நிறையலகு** கரி $^{12}_{6}C$ இல் 12இல் ஒரு பாக நிறைக்குச் சமம் என 1961இல் முற்ற முடிந்த முடிபாக வரையறுக்கப்பட்டது. இதன் வரலாறும் 2.2.11 இல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

13. அணு-atom; தமிழ் துமி(த்தல்) = வெட்டுதல், பிளத்தல் துமி→Greek tome? a→ அ.அல் எதிர்மறை முன்னொட்டு பிளக்க இயலாதது என்ற பொருளில் டால்ட்டன் atom எனப்பெயரிட்டார்.

1 அணு நிறையலகு amu = $1.660\ 531 \times 10^{-27}$ kg
எலக்ட்ரானின் (மின்னியின்)

அமைதிநிறை = 5.486×10^{-4} amu
= 9.109×10^{-31} kg

13.1.2. மின்ஊட்டம் (charge)

அணுத்துகள்களில் இயல்பான அளவைவிட எலக்ட்ரான்கள் (மின்னிகள்) மிகுந்தால் அவை எதிருட்டம் உடையனவாகவும், குறைந்தால் நேருட்டம் உடையனவாகவும் விளங்கும்.
ஓர் எலக்ட்ரானின் (மின்னியின்) ஊட்டம்

$= 1.602\ 19 \times 10^{-19}$C
$\simeq 4.803 \quad \times 10^{-10}$ cgsc மின்னூட்ட அலகு.

13.1.3. இயக்கத்திணிவின் சுழலம் அல்லது கோண இயக்கத் திணிவு (moment of momentum or angular momentum)

குவாண்டம் விசையியல் (quantum mechanics) நெறிகளுக்கு உட்படும் நுண்துள்களின் "கோண இயக்கத் திணிவு"

$$L = h\sqrt{j(j+1)} \qquad (h = h/2\pi)$$
$$= \frac{h}{2\pi}\sqrt{j\ (i+h\pi)}$$

இதில் h — பிளாங்க் மாறிலி $= 662.62 \times 10^{-36}$ Js
j — கோண இயக்கத்திணிவின் குவாண்ட எண்

$$h = \frac{h}{2\pi} = 105.45 \times 10^{-36}\ \text{Js} = 1.0545 \times 10^{-27}\ \text{ergs}$$

குவாண்ட எண் j, ஒரு முழு எண் (n) ஆகவோ, ½ இன் ஒற்றைப்படைப் பெருக்க எண்ணான அரை எண்ணாகவோ $\overline{(2n+1/2)}$ அல்லது சுழியாகவோ இருக்கலாம். ஒரு மின்னியின் கோண இயக்கத் திணிவுக்கான குவாண்ட எண் s = ½ எனப் படும். இது சிறப்பாகத் தற்சுழற்சியெண் (spin number) என வழங்கப்பெறும். இதிலிருந்து ஒரு மின்னியின் தற்கோண இயக்கத்திணிவை அளக்கலாம்.

$$L = \frac{h}{2\pi}\sqrt{\tfrac{1}{2}(\tfrac{1}{2}+1)}$$
$$= \frac{h}{2\pi}\sqrt{\tfrac{3}{4}}$$
$$= 91.3 \times 10^{-36}\ \text{Js} = 0.913 \times 10^{-27}\ \text{erg s}$$

இதில்வரும் $h/2\pi$ என்ற தகவே ($h/2\pi = \hbar$) குவாண்டம் விசையியலில் h-க்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த $h/2\pi$ தான் அணுவியலில் கோண இயக்கத்திணிவின் அலகாகப் பயன்படுகிறது.

13.1.4. காந்தச் சுழலம் அல்லது காந்தத் திருப்புதிறன் (magnetic moment)

போஃர் கொள்கைப்படி (Bohr theory) அணுக்கருவைச் சுற்றிய வட்டப் பாதையில் சுழலுகின்ற எலக்ட்ரான் (மின்னி) ஒரு மின்னோட்டச் சுற்றை உருவாக்குகிறது. இந்தக் கொள்கையின் அணு எலக்ட்ரான் "சுற்றுப்பாதை" "சுழல் எலக்ட்ரான்" போன்ற விளக்க மாதிரிகள் குவாண்டம் விசையியலில் ஏற்றுக்கொள்ளப் பெறாவிட்டாலும், கோண இயக்கத்திணிவு, காந்தச் சுழலம் முதலான சில கணிசங்கள் ஒப்புக்கொள்ளப் பட்டுள்ளன.

கிளர்வுறாமல் இயல்புநிலையில் உள்ள நீரக அணு (hydrogen atom) வின் காந்தச் சுழலத்தை போஃர் கொள்கைப்படி தீர்மானிக்கலாம். ஒரு மின்னியின் மின்னூட்டத்துக்கும் (e) அணுவுள் அதன் சுழற்சிக் காலத்துக்கும் (T) ஆன தகவு **"மின்னோட்டச் செறிவு"** I எனப்படும்

$$I = \frac{e}{T} = \frac{e}{2\pi}\omega$$

இதில் w, கோணகதி (angular velocity) என்பது தெரிந்ததே போஃர் கொள்கைப்படி

$$m\,\omega\,a_o^2 = \frac{h}{2\pi} \text{ அல்லது } \omega = \frac{h}{2\pi} \times \frac{1}{ma_o^2}$$

இதில் h- பிளாங்க் மாறிலி; **m**-எலக்ட்ரானின் நிறை a_o-எலக்ட்ரான் சுற்றுப் பாதையின் ஆரம். இது **போஃர் ஆரம்** எனவும் வழங்கப்படும். இவற்றில் இருந்து

$$I = \frac{e}{2\pi} \times \frac{h}{2\pi} \times \frac{1}{ma_o^2} = \frac{eh}{2\pi^2 ma_o^2}$$

எனவே காந்தச் சுழலம்

$$\text{SI - இல் } \mu_B = \frac{eh}{4\pi m}$$

$$\text{cgs இல் } \mu_B = \frac{eh}{4\pi me}$$

இதில் c ஒளியின் கதி $= 2.997\ 925 \times 10^{10}$ cm s^{-1}

போஃர் மேஃனெட்டான் (Bohr magneton μ_B): காந்தச் சுழலம், மேற்குறித்த போஃர் மேஃனெட்டான் (Bohrmagneton) என்ற அலகால் அளக்கப்படுகிறது.

SI இல் $\mu = 9.273\times10^{-24}$ J T^{-1} = 9.273×10^{-24} Am^2
cgs இல் $\mu_B = 9.273\times10^{-21}$ எர்கு/எர்ஸ்டெட்
= 9.273×10^{-33} dyh em s^{-1}

அணுக்கரு மேஃனெட்டான்* (nuclear magneton μ_N) அணுக்கருத் துகள்களின் (nuclear particles) காந்தச் சுழலங்களை அளக்கும்போது அணுக்கரு மேஃனெட்டான் என்ற அலகு பயன் படுகிறது. மேலே குறித்த அதே வாய்பாட்டில் அணுக்கருவுக் குரிய மதிப்புகளை யிட்டு இதன் அலகு வருவிக்கப்பெறுகிறது. எலக்ட்ரானை விட புரோட்டானின் நிறை 1836 மடங்கு அதிகம் ஆதலால்

SI இல் μ_N = $5.051+10^{-27}$ J T^{-1} = 5.051×10^{-27} Am^2
cgs இல் μ_N = 5.051×10^{-24} எர்கு/எர்ஸ்டெட்
= 5.051×10^{-33} dyn cms^{-1}

அணுக்கருத் தொகுதியின் காந்தச் சுழலத்தை அறிய அணுக் கருவின் காந்தச் சுழலத்தை அணுக்கருத் தொகுதியில் உள்ள அணுக்கருக்களின் எண்ணிக்கையால் பெருக்க வேண்டும் என நினைக்கத் தோன்றும். இம்முறை தவறானது இதனை அறிய சிக்கல் மிக்க வாய்பாடுகள் உள்ளன. இவற்றின் வழியில் ஒரு புரோட்டானின் காந்தச் சுழலம்.

$\mu_P = 2.9728$ μ_N $1.4105+10^{-26}Am^2$ = 1.4105×10^{-23}dyn cms^{-1}

13.1.5. இருமுனைச் சுழலம் (dipole moment)

மூலக்கூறுகளில் மின்னூட்டங்கள் சமமின்றிப் பரவிக் கிடக் கும் போது ஒவ்வொரு மூலக்கூறும் மின்சார இருமுனைச் சுழலத்தை உடையதாய் இருக்கிறது. இருமுனைச் சுழலம் என்பது மூலக்கூற்றின் மின்னூட்டத்தையும், (மின்னூட்ட

*eh/4πmc என்ற கோவையை அறிஞர் போஃர் 1914-இல் சீமன் விளைவில் முதன் முதலாகப் பயன்படுத்தினார். மேஃனெட்டான் என்ற பெயரை வீய்ஸ் (Weiss) 1911 இல் குறித்திருந்தார். இப்பெயரை eh/4πme ஐக்குறிக்க பேரா. H.S. அல்லென் 1915இல் பயன்படுத்தினார் அணுக்கரு போஃர் மேஃ னெட்டான் என வழங்கி வந்த இது, 1935 இன் பின் அணுக்கரு மேஃனெட்டான் என்றே அழைக்கப் பெறுகிறது.

மூலக்கூறுகளுக்கு) இடைப்பட்ட தொலைவையும் பெருக்கக் கிடைக்கும் இந்த மின்சார இரு முனைச் சுழலத்தை மின்சார இயலில் இதற்குக் கூறப்பெற்ற கூலும் மீட்டர் cm என்ற SI அலகாலோ அன்றி கூலும் 'சென்டிமீட்டர்' என்ற cgsm நடைமுறை அலகாலோ அளக்கலாம்.

எனினும் மூலக்கூறுகளின் இருமுனைச் சுழலத்தை அளக்க டீபை அலகு (debye unit—D) என்ற அலகு பெரிதும் பயன்பெறுகிறது. மூலக்கூறுகளுக்கான பல மின்சார இருமுனைச் சுழலங்கள் 10^{-18} esu cm-இன் மடங்குகளாக விளங்குவதை யறிந்து இந்த மதிப்பையே ஓர் அலகு ஆக்கி. அதற்கு முனைவுமூலக் கூற்று இயலில் (polar molecules) முதன்மையான ஆராய்ச்சியாளராக விளங்கிய P.J.W. டீபை (P.J.W. debye *1884—1966*) யின் பெயரை *1934* இல் சூட்டினர்.

$$1 \text{ டீபை அலகு} = 10^{-18} \text{ esu cm} = 3.336 \times 10^{-30} \text{ cm}$$

எடுத்துக் காட்டாக,

HCl புளியத்தின் (acid) இருமுனைச் சுழலம்
$= 1.05 \times 10^{-18}$ esu cm $= 1.05$ டீபை அலகு

அனிலீன் (anilien)-இன் இருமுனைச் சுழலம்
$= 1.5 \times 10^{-18}$ esu cm $= 1.5$ டீபை அலகு

தமக்கென இருமுனைச் சுழலம் இல்லாத அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் கூடஎலக்ட்ரானிய முனைவாக்கத்தின் (electronic polarisation) விளைவினால் உருவாகும் புறமின்புலத்தின் செயற்பாட்டால் இருமுனைச் சுழலத்தைப் பெறக்கூடும்.

13.1.6. முனைவாக்கம் (polarization)

ஒரு மின்புலத்தில் அணு அல்லது மூலக்கூறு பெறும் இருமுனைச் சுழலத்துக்கும் $\vec{P}$, புலச்செறிவுக்கும் E உள்ள தகவு முனைவாக்கம் (α) எனப்பெறும்;

$$\alpha = \frac{\vec{P}}{E}$$

cgs திட்டத்தில் முனைவாக்கத்தின் பரிமானம் $[\alpha] = L^3$
இதன் அலகு $\langle \alpha \rangle$ = சென்டிமீட்டர்^{3} cm^3
SI இல் [P] = LTI ; $[E] = LMT^{-3} I^{-1}$
எனவே SI இல் முனைவாக்கத்தின் பரிமானம்

$$[\alpha] = M^{-1}\, T^{4}\, I^{2}$$

<P> = *1* கூலும் மீட்டர்; <E> = *1* வோல்ட்/மீட்டர் என்ற அலகுகளை இடுவதால் கிடைக்கும் $\{\alpha\}_{SI}$, $\{\alpha\}$ cgs ஐப்போல் 9×10^{15} மடங்கு மிகுதியானதாம்.

மின்னியிய முனைவாக்கத்தால் தீர்மானிக்கப்படும் இசைவியன்மை (permittivity—ε_r)

$$\varepsilon_r = 1+N\alpha$$

இதில் N குறித்த பொருளுக்கான மூலக்கூற்றுச் செறிவு ஆகும்.

13.1.7. வாழ்நாள் (life time)

கதிரியக்க அணுக்கருக்கள், α, β, γ முதலான கதிர்ப்புகளை உமிழ்வதால், அவை தாமாகவே சிதைகின்றன. இதனால் ஒரு கதிரியக்கத் தனிமம் சிதைந்து பிறிதொரு தனிமமாக மாறுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, ரேடியம், ரேடான் ஆக மாறுவதைக் குறிப்பிடலாம். இவ்வாறு சிதையும் அளவைக் கணிக்க வாழ்வரைக்காலம் (half life period) என்ற கணிசம் பயன்படுகிறது. ஓர் அணுக்கருத் தொகுதியில் பாதி அளவு சிதைவதற்கான காலம் வாழ்வரைக் காலம் எனப்படும்.

ஒரு தனிமத்தில் இருந்த அணுக்களின் எண்ணிக்கை தொடக்கத்தில் N_oi t காலியிடையின் பின் N எனின்

$$N = N_o e^{-\lambda t}$$

இதில் λ என்பது சிதைவு மாறிலி. அஃதாவது ஒரு கதிரியக்க ஓரிடணு (isotope) வின் சராசரி வாழ்நாள். எனவே 'வாழ்வரை' அல்லது வாழ்வரைக் காலம்

$$N = \tfrac{1}{2} N_o$$

என்பதால் தீர்மானிக்கப்படும். இதற்கான நேரம் t_H எனின்

$$\tfrac{1}{2} N_o = N_o e^{-\lambda t_H}$$

அல்லது $e^{\lambda t} = 2$. இருபுறமும் இயல்மடக்கை எடுக்க

$$\lambda t_H \log_e e = \log_e 2$$

*Half life period என்பதை அரை ஆயுட்காலம் என்று கூறுவதைவிட 'வாழ்வரை' என்ற ஒரே சொல்லால் குறிப்பது பொருத்தமிக்கது.

அல்லது $\lambda\, t_H = \log_e 2$

$$t_H = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0.6931}{\lambda}$$

நடுமதிப்பு வாழ்நாள் (mean life time) $\tau = \frac{1}{\lambda}$ எனக் கொண்டு

$$N = N_o\, e^{t/\tau}$$

என இந்தச் சமன்பாட்டை மாற்றலாம்.

கிளர்வுற்ற நிலையில் உள்ள அணுக்களின் தொடக்க எண்ணிக்கையில் 1/e பாகம் சிதைவதற்கான காலத்தை நடு மதிப்பு வாழ்நாள் τ என வரையறுக்கலாம். நடுமதிப்பு வாழ் நாளும் வாழ்வரையும்;

$$t_H = 0.6931\, \tau$$

எனத் தொடர்புற்றுள்ளன.

13.1.8. நீளப் பரிமானங்கள் (linear dimensions):

குவாண்டம் விசையியலில், ''எலக்ட்ரான் சுற்றுப்பாதை யின் ஆரம்'' போன்ற கருத்துக்கள் கிடையாதாயினும் சில நீள அளவன்களைக் கருத்தில் கொள்வது நடைமுறைப் பயனுடை யது. அத்தகையதொரு கணிசம் எலக்ட்ரான் ஆரம் (electron radins) எனப்படுவதாகும்.

$$r_o = \frac{e^2}{mc^2} = 2.818 \times 10^{-13}\ \text{cm} = 2.818 \times 10^{-15}\ \text{m}$$

அங்ஙனமே போஃர் முதல் சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்

$$a_o = \frac{h}{me^2} = 52.92 \times 10^{-10}\ \text{cm} = 52.92 \times 10^{-12}\text{m}$$

இத்தகைய நுணுகிய நீள அளவுகளை அளக்கப் பயன்பட்ட இன்னொரு அலகு பெர்மி என்பதாகும்*

1 பெர்மி = 10^{-15}m = *1 பெம்டோமீட்டர்*

S1 இல் பெம்டோமீட்டரிலேயே அளக்க வேண்டும்.

* ஒளியியல் அலை நீளத்துக்கு ஆங்ஸ்ட்ராம் என்ற சிறப்பலகு இருப்பதைப் போல் அணுக்கருத் தொலைவுக்கான சிறப்பலகு பர்மி. அணுக் கருவியல் அறிஞர் என்ரிகோ பெர்மி (Enricho Fermi 1901-1954) பெயரில் ஆன இந்த அலகு முதன்முதலாக 1956 இல் பயன்படுத்தப்பட்டது.

13.1.9. அணுக்கருக் குறுக்குப் பரப்பு அல்லது அணுக்கரு வாய்ப்பு (nuclear cross section)

அணுக்கருக் குறுக்குப் பரப்பை அளக்கப் பெரிதும் பயன் பட்டுவந்த அலகு பார்ன் (barn) எனப்படும்.

$$1 \text{ பார்ன்} = 10^{-28} m^2 \,/\, \text{அணுக்கரு}$$

அணுக் கருவின் ஆரம் = 10^{-14} m எனவே குறுக்குப் பரப்பு 10^{-28} m^2 என்ற அளவில் கிடைக்கிறது.

இந்தக் குறுக்குப் பரப்பு சில அணுக்கரு விளைவுகளில் 10^4 பார்ன்-இல் இருந்து, எலக்ட்ரான் வீச்சுச் செய்முறைகளில் 10^{-11} பார்ன் வரை வேறுபடுகின்றன.

H. C. அல்லோவே (H.C. Hollowway), C. P. பேக்கர் ஆகியோர் 1942 இல் சிக்காக்கோப் பல்கலைக் கழகத்தில் அணு ஆற்றலைக் கமுக்கமாக வெளிக்கொணரும் முயற்சியில் குழூஉக் குறியாகப் பயன்படுத்திய 'பார்ன்' இதன் அலகுப்பெயராக நிலைத்து விட்டது.

13.2. அணுவியலில் ஆற்றல் அலகுகள்

ஆற்றல் அனைத்து இயலிலும் பயன்படும் கணிசம், விசையியல், வெப்பயியல், ஒலியியல், கதிர்வீச்சு இயல் முதலியவற்றில் ஆற்றலையும் அதற்கான வெவ்வேறு திட்ட அலகுகளையும் கண்டோம். அங்ஙனமே அணுவியல் ஆற்றல் அலகுகளையும் அதன் SI மதிப்பையும் அறியலாம்.

அணுவியலில் ஆன ஆற்றல்களின் மதிப்பை அளக்க 1912இல் பரிந்துரைக்கப்பட்ட அலகு சமனவோல்ட்டு (equivalent volt). இதுவே பின்னர் எலக்ட்ரான் வோல்ட் என அழைக்கப்பட்டது.

13. 2. 1. எலக்ட்ரான்வோல்ட் (electron volt e v)

மின்னழுத்த வேறுபாடுள்ள புலத்துக்கு இடையில் தனது ஆற்றலை இழக்காமல் நகரும் எலக்ட்ரான் பெறும் இயக்க ஆற்றல்

$$\tfrac{1}{2} m_e v^2 = eU$$

என்ற சமன்பாட்டால் வரையறுக்கப் பெறும். மின்னழுத்த வேறுபாடு V = 1 வோல்ட் ஆச உள்ளபோது ஆற்றல் 1 eV.

$$1 \text{ eV} = 1.602\,06 \times 10^{-19} \text{ J}$$

அஃதாவது ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் எலக்ட்ரான் பெறும் இந்த ஆற்றல் அலகு ஏனைய மின்னூட்டத் துகள்களின் மூலக்கூறு மற்றும் அணு ஆற்றல் மட்டங்களையும் அளக்கப் பயன்பெறுகிறது.

எலக்ட்ரானின் ஊட்டம் $= 160.206 \times 10^{-21}$ கூலும். மின்னழுத்த வேறுபாடு $V = 1$ வோல்ட் எனவே

$$1\ eV = 160.206 \times 10^{-21} \times 1V = 160.206 \times 10^{-21} J$$
$$= 160.206 \times 10^{-12} \text{ எர்கு}$$

இவ்வாறே மின்காந்தக் கதிர்ப்பின் ஆற்றல்

$$= \frac{1234}{\lambda}\ eV$$

இதில் λ என்பது நேனோ மீட்டரில் ஆன அலை நீளம் இந்த எலக்ட்ரான் வோல்ட், SI மடங்குகளான 10^3, 10^6, 10^9 ஆல் $K_e V$, $M_e V$, $G_e V$ என்ற அளவில் அளக்கப் பெறுகிறது.

13.2.2. கதிக்கணிசம்—வோல்ட் அலகில்!

$$\tfrac{1}{2} m_e V^2 = eV$$

$$\text{எனவே } V = \frac{\sqrt{2Ve}}{m_e}$$

$$= 5.932 \times 10^5 V^{\frac{1}{2}} \quad (m\ s^{-1})$$

ஓர் எலக்ட்ரானின் கதி (திசைவேகம்), அது பெறும் மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்திருக்கிறது. இதனால் 'எலக்ட்ரானின்' கதி V வோல்ட்' என வோல்ட்டில் கூறப் பெறுகிறது. அஃதாவது V வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் ஊடே செல்லும் எலக்ட்ரான் எவ்வளவு கதியைப் பெறுமோ அவ்வளவு கதி என இது பொருள்படும்.*

13.2.3. எலக்ட்ரான் வோல்ட்-வும் கெல்வினும்:

T வெப்பநிலையில் உள்ள வளிம மூலக் கூறுகளின் மாறியல் இயக்கத்துக்கான (translational motion) இயக்க ஆற்றல்

$$\tfrac{1}{2} mv^2 = \tfrac{2}{2} KT$$

இதில் K-போல்ட்சுமான் மாறிலி $= 13.806\ 22 \times 10^{-24}\ JK^{-1}$

* இது, நமது சிற்றூர்ப் புறங்களில் நகரம் எவ்வளவு தொலைவில் உள்ளது என்றால் "மூன்று நாழிகைத் தொலைவு" (அஃதாவது மூன்று நாழிகைக் காலத்தில் இயல்பான ஒருவன் நடந்து கடக்கக் கூடிய தொலைவு) என்று கூறுவதை ஒத்தது.

ஒவ்வொரு மூலக் கூற்றுடனும் ஓர் அடிப்படை மின்னூட்டம் (elementary charge) இருப்பதாகக் கருதினால், V மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் ஊடாய்ச் செல்லும் இம் மூலக் கூறுகள் பெறும் ஆற்றல் eV. எனவே

$$\frac{3}{2}KT = eV \text{ அல்லது } T = \frac{2}{3}\frac{eV}{K}$$

U = 1V எனின்

$$T = V\,\frac{2}{3} \times \frac{1.602\times10^{-19}\ eV}{1.380\times10^{-23}\ JK^{-1}} = 7733K$$

13.2.4 எலக்ட்ரான் வோல்ட்டும் கலோரி/மோல்-உம்

ஒரு மோல் (mole)-இல் உள்ள ஒவ்வொரு மூலக் கூறும் 1eV ஆற்றலைப் பெறுமானால், அந்த மோல்-இல் உள்ள மூலக்கூறு களின் மொத்த ஆற்றல் உயர்வு

$$= 1\ eV\times N_A$$

இதில் N_A - அவ்ாகாட்ரோ மாறிலி = $602.2169\times10^{24}\ Kmol^{-1}$

$$1eV\times N_A = 1.602\times10^{-19}J \times 6.023\times10^{23}\ mol^{-1}$$
$$= 9.749\times10^{4}J$$
$$= 2.3053\times10^{4}\ cal$$

13.2.5. எலக்ட்ரான் வோல்ட்டும் ஒளி அலை நீளமும்:

ஒவ்வோர் அலைநிரல்வரியும் குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தால் குறிக்கப் பெறுகிறது. அலைநீளம் என்பதால் அதிர்வு (அல்லது அடுக்கமும்) அதன் வழியே குறித்த ஆற்றல் அளவும் புலப் படுத்தப்படுகிறது. இவற்றை

$$h\nu = \frac{hC}{\lambda}$$

என்ற சமன்பாடு தொடர்பு படுத்துகிறது. இதன் வழியில் ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகில் அளக்கும் அலைநிரல்வரியின் அலை நீளத் துக்கும், எலக்ட்ரான் வோல்ட்டில் அளக்கும் ஆற்றலுக்கும் உள்ள தொடர்பை நிறுவலாம். எனவே

$$eV = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

இதில் இருந்து

$$\lambda\, U = (12395+2)A^{\circ}V$$
$$= 123.9\,nmV.$$

13.2.6. எலக்ட்ரான் வோல்ட்டில் அளக்கும் எலக்ட்ரானின் கதியும் (திசைவேகமும்) அதன் டீ பிராய்ல் (De Broglie) அலை நீளமும்

ν என்ற கதியுடன் இயங்கும் எலக்ட்ரானுடன் தொடர்புற்ற அலைநீளம்

$$\lambda = \frac{h}{m_e \nu}$$

$\nu = 5.932 \times 10^5 U^{\frac{1}{2}}$—(எலக்ட்ரான் வோல்ட்டில்)

$h = 6.626\ 196 \times 10^{-34}$ Js

m_e = எலக்ட்ரான் நிறை $= 9.109\ 558 \times 10^{-31}$kg

இம்மதிப்புகளை யிட

$$\lambda = \frac{12.26}{\sqrt{U}}$$

இதில் V வோல்ட்டிலும், λ—ஆங்ஸ்ட்ராம்-இலும் அளக்கப்படும்; இதே சமன்பாட்டை

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{V}}$$

என எழுதலாம். இதிலிருந்து 150 eV ஆற்றல் உள்ள எலக்ட்ரான் 1 Å° டீபிராய்ல் அலைநீளம் உடையதாய் இருக்கும்.

13.2.7. பொருண்மையும் ஆற்றலும் (mass and energy):

அறிவியலின் புத்தூழிக் காலத்தை உருவாக்கிய சார்புக் கொள்கை (theory of relativity), பொருண்மையும் (m) ஆற்றலையும் (E) ஒளியின் கதி (c) யுடன்

$$E = mc^2$$

எனத் தொடர்பு படுத்துகிறது. ஒளியின் கதி

$$c = 2.997\ 925\ 0 \times 10^8\ \text{ms}^{-1} = 2.997\ 9250 \times 10^{10}\text{cms}^{-1}$$

எனவே $\{c^2\} \simeq 9 \times 10^{16}$ எண்மதிப்பு உடையதாகும்.

(1) கிலோகிராம் ஆற்றல் : ஒரு கிலோகிராம் ஆற்றல் என்பது 9×10^{16} J^{-2} க்குச் சமம்

$$\because E = 1 \times 9 \times 10^{16}\ \text{kgm}^2\text{s}^{-2}$$
$$= 9 \times 10^{16}\ \text{kgms}^{-2}\,\text{m} = 9 \times 10^{16}\ \text{Nm}$$
$$= 9 \times 10^{16}\ \text{J} \quad (\because \text{Nm} = \text{J})$$

அங்ஙனமே 1g $= 9 \times 10^{20}$ எர்கு

(2) அணு நிறையலகு ஆற்றல் :

1 அணு நிறையலகு $= 1.660\ 531 \times 10^{-27}$ kg
எனவே அணு நிறையலகுக்குச் சமமான ஆற்றல்

$$= 1.660 \times 10^{-27} \times 9 \times 10^{16} = 1.493 \times 10^{-10} J$$
$$= 937.7 \text{ MeV}$$

அடிப்படைத் துகள்களான எலக்ட்ரான் நிறை (m_e)யும், புரோட்டான் நிறை (m_p) யும் ஆற்றல் அலகில்

$$1\ m_e = 8.18 \times 10^{-14} \text{ J} = 0.511 \text{ MeV}$$
$$1\ m_p = 1.50 \times 10^{-10} \text{ J} = 938 \text{ MeV}$$

என்ற மதிப்புகளுக்குச் சமம்.

(3) ரிட்பெர்க் (rydberg): நீரகத்தை ஒத்த அணுக்களின் அலை நிரல் வரிகள்

$$\sigma = R\left(\frac{1}{n^2_1} - \frac{1}{n^2_2}\right)$$

என்ற வாய்பாட்டுக்கு இணங்க வரிசையாய் அமைந்துள்ளன. இவ்வாய்பாட்டில்

σ — குறித்த அலைநிரல் வரியின் அலையெண்
n_1, n_2 - ஆற்றல் மட்டங்களின் குவாண்ட எண்
R — ரிட்பெர்க் மாறிலி

ஈறற்ற நிறையையுடைய அணுக்கருவுக்கு ரிட்பெர்க் மாறிலி

$$R_\infty = 109\ 737.3 \text{ cm}^{-1}$$

எளிய அணுக்களுக்கு இம்மாறிலி சற்றே குறைந்த மதிப்புடையது எடுத்துக்காட்டாக நீரக அணுவுக்கு

$$R_H = 109\ 677 \text{ cm}^{-1}$$

தொடக்கத்தில் குறித்த சமன்பாட்டை hc ஆல் பெருக்க,

$$\sigma\ ch = Rch\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

இதில் Rch = Ry, Ry, Ry—ரிட்பெர்க் எனப்படும்.

எலக்ட்ரான் மட்டங்களின் ஆற்றல்களை அளக்க Ry பயன்படுகிறது.

$n_1 = 1$, $n_2 = \infty$. நீரக அணுவின் நிறை ஈறற்றது எனக் கொண்டு ஒரு நீரக அணுவை அயனிக்கத் தேவையான ஆற்றல் 1 ரிட்பெர்க் என வரையறுக்கலாம்.

$R = 109\ 737.3\ m^{-1}$; $c = 2.997\ 9250 \times 10^{10}\ cms^{-1}$

$h = 662.62 \times 10^{-36}$ J s என்ற மதிப்புகளையிட

$1\ Ry = 13.60\ ev$

ஒரு நீரக அணுவின் R_H மதிப்பை யிட்டு இவ்வாறு கணக்கிட்டதில் அதன் உண்மையான அயனிப்பு ஆற்றல் 13.57 ev எனத் தெரிய வருகிறது.

இத்தகைய வெவ்வேறு அலகுகளால் அணுவியலில் ஆற்றற் கணிசங்கள் அளக்கப் பெறுகின்றன.

13.3. அயனிக்கும் கதிர்ப்ப அலகுகள்
Units relating to ionizing radiation.

ஓர் அணுவில் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை இயல்பாக இருக்கும் அளவை விட மிகுதியாய் இருந்தால் அந்த அணு எதிரூட்டம் மிக்கதாய் இருக்கும்; (ஏனெனில் மின்னிகள் எதிரூட்டம் உடையன) குறைந்தால் நேரூட்டம் மிக்கதாய் இருக்கும். இயல்பான அளவை விட ஊட்டம் மிக்கதாய் விளங்கும். இத்தகைய அணுவோ அன்றி அணுக்களின் தொகுதியோ அயனி (ion)* எனப்படும். இந்த அயனிகளை உருவாக்குதல் அயனியாக்கம் (ionization) எனப்பெறும்.

ஆற்றல் மிக்க எலக்ட்ரான், அணு, அயனி, அணுக்கருத்துகள் போன்ற அணுத்துகள்களும் போட்டான் (Photon)*களும் ஏதாவது ஒரு வளிமத்தால் உட்கவரப் படும்போது, அந்த வளிமம் அயனியாக்கம் உறுகிறது. இந்த அயனியாக்கத்தைக் கொண்டு இவற்றின் கதிர்ப்பு (radiation)களையும் பண்புகளையும் அளவிடலாம். அஃதாவது விளைவைக் கொண்டு வினையை அளவிடும் முறையே, இது.

கதிர்ப்பத்திறன், கதிர்ப்பப்பாயம் முதலானவற்றைத் தீர்மானிக்கும் கதிர்ப்ப ஆற்றல் அலகு களுடன் கூட இந்தக்

* photon : தமிழ். வெட்டம்(= வெளிச்சம், ஒளி)—Gk. photos
★ ion : Greek ienai-ion ien = to go

கதிர்ப்புகள் வளிமம் (gas) போன்றவற்றில் உருவாக்கும் அயனி யாக்கத்தை அளக்கும் அலகுகளும் இன்றியமையாதன. இந்த அலகுகளுட் சில SI அடிப்படையில் அமைக்கப் பெற்றிருப்பினும் cgs அலகுகள் பெருவழக்காக உள்ளன.

13..3.1. துகட்பாயம் அல்லது குவாண்டப்பாயம் (particle or quantum flux)

என்பது ஓரலகு நேரத்தில் ஒரு தளத்தின் ஊடாகக் கடக்கும் துகள் அல்லது குவாண்டங்களின் எண்ணிக்கையேயாகும். அஃதாவது ஒரு நொடியில் ஒரு தளத்தின் ஊடாகப் பாயும் (α,β,γ...) துகள்கள் அன்றிக் குவாண்டங்களின் எண்ணிக்கை யால் இந்தப் பாயம் தீர்மானிக்கப் பெறும்.

இந்தப் பாயமும் அடுத்துவரும் பாய அடர்த்தியும் துகள் களின் எண்ணிக்கையால் அளக்கப் பெறாது! மாறாக அவை கடத்தும் ஆற்றலால் அளக்கப் பெறும். எனவே துகட்பாயம்,

SI இல் வாட்
cgs இல் எர்கு/நொடி ($= 10^{-7}$ வாட்)

என்ற அலகுகளால் அளக்கப் பெறும். இவ்வாறு அளக்கப் பெறும்போது இது கதிர்ப்பாற்றல் பாயம் என வழங்கப்பெறு கிறது. *11.4.2* இல் கூறப்பெற்ற கதிர்ப்பாற்றல் பாயமும் இதுவும் ஒன்றே.

13.3.2. பாய அடர்த்தி அல்லது கதிர்ப்பச் செறிவு (Flux density or radiation intensity):

பாயத் திசைக்குச் செங்குத்தான ஒரு சதுர அலகுப் பரப் பைக் கடக்கும் குவாண்டப்பாயம், பாய அடர்த்தி எனப்படும்; அஃதாவது ஒரு நொடியில் ஒரு சதுர மீட்டர் (அல்லது சென்டி மீட்டர்) பரப்பைக் கடக்கும் துகள்களின் எண்ணிக்கையால் பாய அடர்த்தி விளக்கப்பெறும்.

ஒரு சதுர மீட்டரில் ஆன ஆற்றல் Wm^{-2} என SI-இலும் erg s^{-1} cm^{-2} என cgs-இலும் அளக்கப் பெறுகிறது; MeV cm^{-2} s^{-1} என்ற அலகாலும் அளக்கப் பெறும். *11.4.5* இல் கூறப் பெற்ற கதிர்ப்பப் பாய அடர்த்தியும் இதுவும் ஒரே கணிசம்தாம்.

13.3.3. கதிர்ப்ப ஆற்றல் அடர்த்தி (radiant energy density)

11.4.11 இல் கதிர்ப்ப ஆற்றல் அடர்த்தியையும் அதன் அலகு SI இல் JM^{-3}, cgs-இல் erg cm^{-3} என்வும் அறிந்துள்ளோம்.

ஓரலகுப் பருமத்தில் உட்கவரப்படும் ஆற்றலை இது விளக்கு வதால் அயனிக்கும் கதிர்ப்புகளை அளப்பதில் இது துணைபுரிய வல்லது.

கதிர்ப்பால் உட்கவரப்படும் மொத்த ஆற்றல், ஆற்றல் அலகுகளிலும் (செளல், எர்கு): அதன் அடர்த்தி கதிர்ப்ப ஆற்றல் (Jm^{-3}; erg cm^{-3}) அளக்கப்பெறும்.

13.3.4. கதிர்ப்ப அளவின் அலகுகள் (Units of radiation dose)

கதிர்ப்பால் உருவாகும் அயனியாக்கத்தை அளக்க மேலே குறித்தவாறு அயனிக்கப்படும் பொருளின் பருமம அளவுக்கான உட்கவர் ஆற்றலைவிட, நிறையளவுக்கான உட்கவர் ஆற்றலே பொருத்தமான ஒன்றாகும். பருமம் மாறக் கூடியதாகையால் நிறையை மேற்கொள்வதே தக்கது. எடுத்துக்காட்டாக, அயனியாக்கம் உருவாகும் ஒரு வளிமத்தின் அழுத்தத்தைப் பாதியாக குறைத்தால் அதே சம அவவு அயனியாக்கத்துக்குப், பருமத்தை இரண்டு மடங்காக உயர்த்தியாக வேண்டும். இதனால் பருமம் மாறுபாடு அடைய வேண்டிய தாகிறது; எனவே நிறையைக் கருதுவதே சரி.

இனி,கதிர்ப்ப அளவு (radiation dose) கான அலகைக் காண லாம்; கதிர்ப்ப அளவு என்பது ஓர் ஊடகத்தில். ஆன கதிர் வீச்சின் விளைவின் அளவாகும். இதனை வேறொரு வகையால், ஒரு பொருளின் ஓரலகு நிறைபெறும் ஆற்றலின் அளவே அப் பொருளின் கதிர்ப்ப அளவு எனலாம். இதன் பரிமானம்.

$$D = f \times s \div m$$
$$[D] = MLT^{-2}L\,(M^{-1})$$

எனவே $[D] = L^2T^{-2}$

இதன் அலகுகள் SI இல் $J\ kg^{-1}$; cgs-இல் $erg\ g^{-1} = 10^{-4}\ J\ kg^{-1}$

இந்தக் கதிர்ப்ப அளவுகள் நான்கு வகைகயாவன:

கதிர்ப்பளவு வகைகள்		அலகுகள்
(a) திறப்புக் கதிர்ப்பளவு	exposure dose	r, rep
(b) உட்கவர்க் கதிர்ப்பளவு	absorbed dose	rad
(c) உயிரியற் கதிர்ப்பளவு	biological dose	rem
(d) தொகுப்பு அல்லது தொகுனக் கதிர்ப்பளவு	integral dose	gr, grad

நான்குவகைக் கதிர்ப்பளவுகளுக்கும் தனித்தனி அலகுகள் உள்ளன. இவை போக, X கதிரின் கதிர்ப்பளவுக்கு 'மில்லிகியூரி-அழிவுற்றது, (millicurie -destroyed-med) என்ற ஓர் அலகு 1920 வாக்கில் பிரான்சில் பழக்கத்துக்கு வந்தது. ஒரு மூலத்தின் கதிரியக்கம் 1 மில்லி கியூரி குறைகின்ற காலத்தில் உமிழப்படும் கதிர்ப்பளவு ஒரு mcd எனப்பட்டது.

இனி, நான்குவகைக் கதிர்ப்ப அளவின் அலகுகளைக் காணலாம்.

13.3.4.(a) திறப்புக் கதிர்ப்பளவு (exposure radiation dose)

ஓர் ஊடகத்தில் உள்ள கதிர்வீச்சின் மொத்தத்தைக் குறிக்கும் இக்கணிசம், காற்றில் இக் கதிர்வீச்சு உருவாக்கும் அயனியாக்கத்தால் அளக்கப்படுகிறது.

X, மற்றும் காமாக் கதிர்ப்பளவுகளை அளக்க ராண்ட்சன்* (roentgen-r) என்ற அலகும், பிற கதிர்வீச்சுகளின் கதிர்ப்பளவுகளை அளக்க, ராண்ட்சன் உடலியல் சமனி (roentgen equivalent physical–rep) என்ற அலகும் பயன்பெறுகின்றன. ராண்ட்சன் ஒரு cgs அலகு-rep) திட்டமில் அலகு.

ராண்ட்சன் (roentgen-r): 1.293mg துகள் உமிழ்வு (corpuscular* emission) உலர்ந்த காற்றில் esu மின்சாரத்தை ஏந்திச் செல்லும் மொத்த அயனிகளை உருவாக்குமானால் அத்தகைய X அல்லது காமாக்கதிர்ப்பின் அளவு 1 ராண்ட்சன் எனப்படும்.

1928-ஸ்டாக்ஹோல்ம் கதிரியக்கவியல் மாநாடு, இது படித்தர வெப்பநிலையழுத்தத்தில் (stp) 1 cm^3 என பரும அளவாகக் குறிப்பிட்டதை, 1937 இல் கூடிய ஐந்தாம் கதிரியக்கவியல் மாநாடு, நிறையளவாகக் குறித்தது. (stp–இல் 1 cm^3 காற்றின் நிறை = 1.293 mg).

திறப்புக் கதிர்ப்பளவுக்கான SI அலகு Ckg^{-1} இதற்கான வரையறை. ஒரு கிலோகிராம் நிறையுள்ள உலர்ந்த காற்றில் ஒரு கூலும் மொத்த ஊட்டம் உள்ள அயனிகளை உருவாக்கும் திறப்பளவு கிலோகிராமுக்கு 1கூலும்.

* X-கதிர்களைக் கண்டு பிடித்த W.C. ராண்ட்சன் (Wilhelm Conrad Roentgen 1845-1923) பெயரில் ஆன அலகு.

* corpuscle என்பதற்குப் பொருத்தமான தமிழ்ச்! சொல் உல்லி; particle-துகள்'; Fraction-பகுதி; Fragment - சில்; component - கூறு; constituent-உறுப்புக் கூறு.

$1\ Ckg^{-1} = 3.876\times10^{3}$ r
$1r = 2.58\times10^{-4}\ Ckg^{-1}$

1 cm^3 இல் அடங்கிய அயனிச் சோடிகள் 2.082×10^{9};
1 கிராமில் 1.6×10^{12}

1 திறப்பளவு ராண்ட்சன் = $.38\times10^{-8}$ Jkg^{-1}

இது கிராமில் 1.61×10^{12} (1.61×10^{15}/kg) அயனிச் சோடியையும், 1 cm^3 இல் 2.082×10^{9} அயனிச்சோடியையும் உருவாக்க வல்லது. கனமீட்டரில் (m^3) 6.77×10^{10} m_e V ஆற்றலை உட்கவரக் கூடியது.

நடைமுறையில் μc kg^{-1}mr, (மில்லிராண்ட்சன்) போன்ற சிறிய அலகுகள் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இதில் பயன் படும் பிறிதொரு திட்டமில் அலகு rep.

ராண்ட்சன் உடலியல் சமனி (roentgen equivalent physical-rep): கதிர்ப்ப அளவை (radiation dose) அதன் அயனியாக்கு திறனால் அளந்தால் அந்த ''அளவு (dose) அலகின்'' உடலியற் சமானத்தை அறியலாம். காற்றின் ஒரு மூலக்கூறை அயனி யாக்க 32_e V சராசரி ஆற்றல் தேவையென்பதில் இருந்து

1 ராண்ட்சன் = 84 எர்கு/கிராம்

என்பது புலனாகும். இந்த மதிப்பு ராண்ட்சன் உடலியல் சமனி எனப்படும்.

ஒரு rep என்பது 'சமநிறையுள்ள காற்றுக்கு அளிக்கப்படும் 1ராண்ட்சன் எவ்வளவு ஆற்றல் மாற்றத்தை (= 8.38 μJ) உரு வாக்குமோ அவ்வளவு ஆற்றல் மாற்றத்தை அதே நிறைத் திசு (tissue) வில் உருவாக்கும் கதிர்ப்பின் அளவு' ஆகும்.

இந்த அலகை 1950 இல் பார்க்கா (H.M. Parker 1910— பரிந்துரைத்தார். இந்த அலகு பார்க்கர் என்ற பெயராலும் அழைக்கப்படும்.

1 rep = 84 erg g^{-1} = 1.61×10^{12} அயனிச்சோடி g^{-1}
= 5.3×10^{7} MeV g^{-1}

13.3.4(d) உட்கவர் கதிர்ப்பளவு (absorbed radiation dose-D)

ஓரலகு நிறையுள்ள பொருள் உட்கவரும் கதிர்ப்ப ஆற்ற லின் அளவு உட்கவர் கதிர்ப்ப அளவு எனப்படும். இதன் அலகு

S1இல் $J\ kg^{-1}$
egs இல் $erg\ g^{-1} = 10^{-4} J\ kg^{-1}$

தொடக்கக் காலத்தில், மருத்துவத் துறையில் திறப்புக் கதிர்ப்பளவுக்கும், உட்கவர் கதிர்ப்ப அளவுக்கும் ராண்ட்சன் என்ற அலகே பயன்பட்டு வந்தது. 1956 இல் திறப்புக் கதிர்ப்ப அளவுக்கு ராண்ட்சன்-ஐயும், உட்கவர் கதிர்ப்பளவுக்கு ரேட் (rad) என்ற அலகையும் பயன்படுத்த வேண்டும் என்று தீர்மானம் ஆயிற்று.

1918இல் ரஸ் (Russ) என்பவர் ஓர் எலியைக் கொல்ல எவ்வளவு X-கதிர்க் கதிர்ப்ப அளவு தேவையோ அந்த அளவை 1 ரேட் (rad) என வரையறுக்குமாறு பரிந்துரைத்தார். தற்போதைய

ரேட் (rad) $= 10^{2}\ erg\ g^{-1} = 10^{-2}\ J\ kg^{-1}$
1 ரேட் = 1.19 rep; எனவே1 rep = 0.84 ரேட்

100 எர்கு ஆற்றலை உட்கவரக்கூடிய 1 கிராம் திறப்பான பொருளின் கதிர்ப்ப அளவு 1 ரேட் (rad) ஆகும்.

13.3.4. (c) உயிரியற் கதிர்ப்பளவு (biological radiation dose):

உட்கவர் அளவையும் ஒப்பு உயிரியல் வலிமை (திறம்பாடு) (relaltive biological effectiveness-RBE) என்ற கூற்றெண்ணையும் பெருக்கக் கிடைப்பது உயிரியற் கதிர்ப்ப அளவு ஆகும். இது ராண்ட்சன் மாந்தச் சமனி (roentgen equivalent man-rem) என்ற அலகால் அளக்கப் பெறும்.

ராண்ட்சன் மாந்த (அல்லது பாலூட்டிச் சமனி (roentgen equivalent man or mammal — rem) என்னும் அயனியாக்கக் கதிர்ப்பின் அலகு, கதிர்ப்பின் உயிரியல் விளைவுகளைக் கருதப் பயன்படுகிறது. இது, 200-250 கிலோ வோல்ட் X கதிர்களின் ஒரு ரேட் (rad) கதிர்ப்பின் உயிரியல் விளைவுகளுக்குச் சமம் ஆனதாகும். இந்த அலகையும் 1950-இல் H.M. பார்க்கர்தான் பரிந்துரைத்தார்.

1 rem $= 0.01\ J\ kg^{-1}$

13.3.4.(d). தொகுப்புக் கதிர்ப்பளவு (integral dose):

ஒரு பொருளின் நிறை முழுவதும் உட்கவரும் அயனியாக்கக் கதிர்ப்பின் மொத்த அளவு (dose) தொகுப்புக் கதிர்ப்பளவு

எனப்படும். இது, கிராம்-ராண்ட்சன் (gr), கிராம் ரேட் (g rad) என்ற அலகுகளால் அளக்கப்பெறும்.

13.3.5. கதிர்ப்ப அளவுத் திறன் (power of radiation dose—P)

ஓரலகு காலயிடைக்கான கதிர்ப்ப அளவு, கதிர்ப்ப அளவுத் திறன் எனப்படும். எனவே இதன் பரிமானம்

$$[P] = L^2T^{-3}$$

இதன் அலகு SI இல் $<P>_{SI} = W\ kg^{-1}$

$$\text{Cgs இல் } <P>_{cgs} = erg\ s^{-1}g^{-1} = 10^{-4}\ W\ kg^{-1}$$

இதனை *13.3.4* இல் குறித்த நான்குவகைக் கதிர்ப்ப அளவுகளுக்கும் 'கொண்டு கூட்டி' விரித்துரைத்துக் கொள்ளலாம்.

13.3.6. அளவுமேனி (dose rate)

ஓரலகு நேரத்தில் ஆன திறப்பளவு (exposure dose) அளவுமேனி எனப்படும். எனவே கதிர்ப்பத் திறப்பை நேரத்தால் வகுக்க, இதன் மதிப்பு கிடைக்கும். இதன் பரிமானம்

$$TI\ M^{-1}\ T^{-1} = M^{-1}I$$

இதன் அலகு SI இல் $C kg^{-1}\ s^{-1}$

cgs இல் $r\ s^{-1} = 2.58 \times 10^{-4}\ C\ kg^{-1}s^{-1}$

என்பது தெளிவாகும்.

காமாக்கதிர்களின் அளவுமேனி (dose rate—N)க்கும் (N, r s^{-1}), *அவற்றின் செறிவு* I (எர்கு $cm^{-1}\ s^{-1}$)க்கும் உள்ள தொடர்பு

$$N = \frac{I\mu}{0.11}\ r\ s^{-1} = nh\nu\frac{1.6 \times 10^{-6}\mu}{0.11}\ r\ s^{-1}$$

இதில் μ —மெலிப்புக் குணகம் (attenuation coefficient);

n —ஒரு நொடியில் 1 ச. செ. மீ பரப்பைக் கடக்கும் போட்டான்களின் எண்ணிக்கை

$h\nu$ —MeV-இல் போட்டானின் ஆற்றல்

0.11—காற்றில் 1 ராண்ட்சனுக்கான ஆற்றற் சமனி.

கதிர்ப்பு மூலங்கள்	கதிர்ப்பஅளவு (அ) அளவுமேனி
இயல்புக் கதிரியக்கப்புலம் (விண்கதிர், சுழற் கதிரியக்கம், மாந்த உடலின் கதிரியக்கம்)	0.1 rem/ஆண்டு
மருத்துவத்துறையில் பயன்பெறும் கதிர்ப்ப அளவுகள்	10000 rem
கதிரியக்க நோய்க்கு உடம்பை உட்படுத்தும் அளவு	400-500 rem

சில கதிரியக்கங்களின் உடலியல் வலிமைகள்

கதிர்ப்பு	1 rep =	1 rem =
பீட்டா காமாக் கதிர்கள்	1 rem	1 rep
ஆல்பாத் துகள்கள், புரோட்டான்கள்	10 rem	0. 1 rep
வெப்ப நியூட்ரான்	5 rem	0. 2 rep
விரைவு நியூட்ரான் <40MeV	10 rem	0. 1 rep

ரேடியத்தின் மில்லிகிராம் சமனம் (milligram equivalent of radium) என்ற அலகு காமாக் கதிரியக்கத்தில் பெரிதும் பயன் படுகிறது. "சம அளவுத் தகுதி நிலைகளில் ஒரு மில்லிகிராம் ரேடியம், காற்றுச்சுவர் அயனியாக்க அறையில் எவ்வளவு அயனி யாக்கத்தை உருவாக்குமோ அவ்வளவு அயனியாக்கத்தை உரு வாக்கும் காமாக் கதிர்வீச்சைக் கொண்ட பொருளின் கதிரியக்கம் "ரேடியத்தின் மில்லிகிராம் சமனம்" என வரையறுக்கப்படும்.

1 mg ரேடியப் புள்ளிமூலம், அதன் சிதைவுப் பொருள் களுடன் சமநிலையில் இருந்து 0.5 mm தடிமப் பிளாட்டினத்தின் வழியாக வடிப்புற்றபின், காற்றின் 1 செ.மீ. தொலைவில் மணிக்கு 8.4 ராண்ட்சன் உடலியல் அளவு மேனியை உரு வாக்கும்.

மணிமீட்டருக்கு ராண்ட்சன் (roentgen per hour metre—rhm) என்பது "1 மீட்டர்த் தொலைவில் 1 மணியில்

1 ராண்ட்சன் அளவு மேனியை (dose rate) உருவாக்கும் காமாக் கதிரியக்கம்,'' என வரையறுக்கப் பெறும்.

1 rhm = 1200 mg equivalent of radium

13.3.7. ஒளிக்கதிர்ப்ப ஆற்றல் அலகு : ஜன்ஸ்டீன் (einstein)

ஒளி இயைபியல் (photo chemical) விளைவுகளின்போது ஒரு பொருளின் ஒரு கிராம்-மூலக்கூறில் ஆன ஒளியாற்றலை விளக்கும் ஐன்ஸ்டீன் என்ற இந்த அலகையும் அயனியாக்கக் கதிர்ப்ப அலகுகளில் ஒன்றாகக் கருதலாம். இந்த அலகு N_A $h\nu$-வுக்குச் சமம். இதில் N_A —அவாகாட்ரோ மாறிலி, h—பிளாங்க் மாறிலி, ν—மின்காந்தக் கதிர்ப்பின் அதிர்வு. எனவே, ஐன்ஸ்டீன் என்ற இந்த அலகு ஆற்றலுக்கான பொது வான அலகன்று; ஒளியின் அலை நீளத்துக்குத் தக்கவாறு மாறு பட்ட மதிப்புகளையுடையது.

13-4. கதிரியக்க அலகுகள்
(Units of Radio Activity)

நிலையற்ற அணுக்கருக்களில் இருந்து தானாக ஏற்படும் ஆற்றற்பொழிவு 'கதிரியக்கம்' எனப்படும். இந்த ஆற்றற்பொழிவு

$$E = mc^2$$

என்ற சமன்பாட்டால் தொடர்புபடுத்தப்படும். இதில் E – ஆற்றல்; m – ஆற்றலாக மாறும் நிறை; c—ஒளியின் கதி (velocity). நிறை சிதைந்து ஆற்றலாக மாறுகிறது. இந்தச் சிதைவு வெளிப்படுத்தும் துகள்கள் பாயும் நெடுக்கத்தை (range) வேறுபடுத்திக் குறிக்க இவை ஆல்பாக் கதிர் (ஆல்பாத் துகள்), பீட்டாக் கதிர்(பீட்டாத் துகள்), காமாக் கதிர் (காமாத் துகள்)* என வழங்கப்பெறுகின்றன. இவற்றுள் பீட்டாத் துகள் சிதைவே பெரும்பான்மையானது (படம் 115).

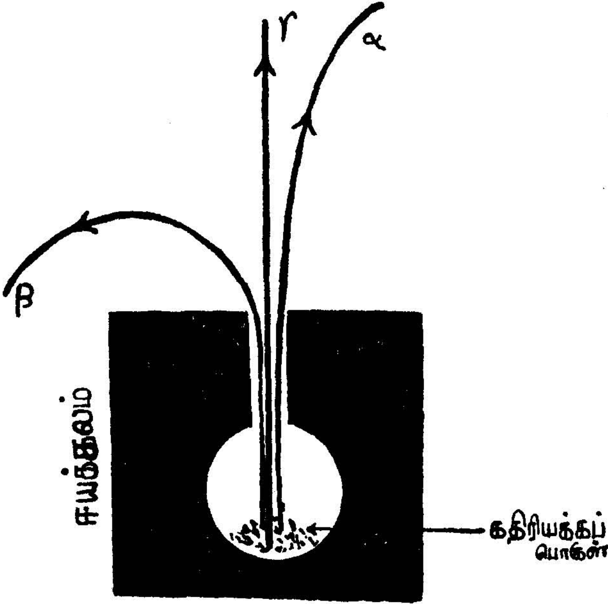
இந்தச் சிதைவை அளக்கத்தக்க அலகுகளை அறியலாம்.

13.4. radius, radium, (prefix) radio-முதலான சொற்களின் வேர்ச் சொல் 'ஆர்' (> ஆரை, ஆரம்) என்பர் மொழிநூல் அறிஞர். எனவே radius—ஆரம்; radium-ஆரயம்; radio-ஆர் (முன்னொட்டு) என்று கைக்கொள்ளலாம். எனினும் வழக்கத்தை நோக்கி radioactivity-கதிரியக்கம் எனப்பட்டது.

*13.4: α-ray, β-ray, γ-ray: 'அகாரம் என்றும் இகாரம் என்று உகாரம் என்றும் அந்நாளில் சித்தர் பலர் சொல்லி வந்த' மரபுப்படி இவற்றை அகரக்கதிர், இகரக்கதிர், உகரக்கதிர் என்று மும்மைச் சுட்டெழுத்துகளின் அடிப்படையில் பொருள் பொதியத் தமிழாக்கலாம். (மும்மைச்சுட்டு: சேய்மைச்சுட்டு, அண்மைச்சுட்டு, இடைச்சுட்டு.)

13.4.1. சிதைவு (Disintegration or decay)

கதிரியக்க மூலத்தின் சிதைவு அல்லது தேய்வு, (1) **சிதைவு/நொடி** என்ற பொது அலகால் அளக்கப்பட்டு வந்தது. இதனுடன் (2) கியூரி, (3) ரூத்தர்போர்டு என்ற அலகுகளும் பயன்பட்டு வருகின்றன.



படம் 115. கதிரியக்கச் சிதைவு

(2) **கியூரி (curie–Ci):** ஒரு நொடியில் 3.7×10^{10} சிதைவு எண்ணிக்கையுள்ள கதிரியக்க நியூக்ளைடின் (radio active nuclide) அளவு ஒரு கியூரி ஆகும்.

இதில் 3.7 என்ற எண் எப்படி வந்தது என்று கேட்கத் தோன்றும். இதற்கு, இந்த அலகின் தொடக்க வரையறையை அறிய வேண்டும். ஒரு கிராம் ரேடியத்துடன் 'சமநிலை'யில் உள்ள ரேடானின் கதிரியக்கத்தால் இந்த அலகு வரையறுக்கப்பட்டது. அஃதாவது, ரேடியத்தின் கதிரியக்கத்தால் உருவாகும் ரேடானும் (radon-*radium* emanation) கதிரியக்கம் உடையது. ரேடியத்தின் வாழ்வரைக்காலம் (half life period) 1600 ஆண்டுகள்;

ரேடானின் வாழ்வரைக் காலம் 3.82 நொடிகள். ரேடான் தனது கதிரியக்கத்தால் சிதைந்து கொண்டுள்ளபோது, ரேடியத்தில் இருந்து ரேடான் உருவாகிக் கொண்டும் உள்ளது. ஒரு நிலையில் ரேடான் உருவாக்கமும் ரேடான் சிதைவும் சமமாக இருக்கும். இந்தச் சமநிலையில் நொடிக்கு 3.7×10^{10} சிதை வெண்ணிக்கை உருவானது.

1 கியூரிக்குச் சமமான ரேடான் நிறை = 6.51×10^{-6} கிராம். இதில் 1.78×10^{16} அணுக்கள் அடங்கியுள்ளன. ரேடான் உமிழும் ஆல்பாத் துகள் மட்டுமே காற்றில் 0.92 mA அயனியாக்க நிறைச் செறிவு மின்னோட்டத்தை உண்டாக்க வல்லது !

ரேடியத்தைக் கண்ட சோடியில் ஒருவரான பியரி கியூரியின்(Pierre Curie, 1859—1906) பெயரில் ஆன இந்த அலகு நடைமுறை ஆய்வக அளவீட்டுக்கு மிகப் பெரியதாய் இருப்பதால் மில்லி கியூரி என்ற அலகே பயன்பட்டு வருகிறது.

(3) ருத்தர்போர்டு (rutherford-rd): ஒரு நொடியில் 10^6 சிதைவுக்கு உட்படும் கதிரியக்கப் பொருளின் அளவு ஒரு ருத்தர் போர்டு ஆகும்,

அறிஞர் ருத்தர்போர்டு கோமகன் (Lord Rutherford, 1871—1937) பெயரில் ஆன இந்த அலகு 1946-ல் கர்ட்டிஸ், காண்டன் என்ற இருவரால் பரிந்துரைக்கப்பெற்று அமெரிக்கத் தேசிய ஆய்வுக் குழுவால் 1949-ல் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டது.

தற்போது மிகுதியாய்ப் பயன்படும் ருத்தர்போர்டு என்ற இந்த அலகும் கியூரியும்

37 ருத்தர்போர்டு = 1 மில்லி கியூரி ($= 10^{-3}$ கியூரி) என்ற அளவில் உள்ளன. கியூரியும் ருத்தர்போர்டும் கதிரியக்கப் பொருள்களின் ஆல்பா அல்லது பீட்டாக் கதிரியக்கத்தை அளக்க மட்டுமே பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

13.4.2. கதிரியக்க வெளிப்பாட்டு (Radioactive Emanation) அளவை அளக்க, மேக்கி (mache) என்ற அலகு பயன்படல்.

10 மில்லியாம்பியர் நிறைச்செறிவு மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும் கதிரியக்க வெளிப்பாட்டு அளவு ஒரு மேக்கி அலகு எனப்படும்.

1 மேக்கி = 3.6×10^{-10} கியூரி/லிட்டர் = 780 சிதைவு/நிமையம் லிட்டர்:

மேக்கி என்ற இந்த அலகு வழக்கில் இல்லை.

13-4.3. கதிரியக்கப் பொருளின் செறிவு (Concentration of Radioactive Preparation)

வளிநிலையின் கதிரியக்கச் செறிவை அளக்க கியூரி/லிட்டர் என்ற அலகும், ஈமான் (eman-*emana*tion) என்ற அலகும் பயன்பட்டு வந்தன.

1 கியூரி/லிட்டர் = 2.2×10^{12} சிதைவு நிமையம்$^{-1}$ லிட்டர்$^{-1}$

1 ஈமான் = 10^{-10} கியூரி/லிட்டர் = 220 சிதைவு நிமையம்$^{-1}$ லிட்டர்$^{-1}$

யுரேனியம், தோரியம், ரேடியம் போன்றவற்றின் பருமளவுச் செறிவுகள் கிராம்/லிட்டரில் கூறப்பெறும்.

13-4.4. துகள் பாய அடர்த்தி (Particle Flux Density)

ஒரு கதிர்வீச்சு மூலம் உமிழும் துகள்களால் ஒரு பாயம் உருவாகிறது. ஒரு நொடியில் உருவாகும் துகள்களின் எண்ணிக்கையால் கதிர்வீச்சுப் பாயம் அளந்தறியப் பெறும்.

ஒரு சதுர அலகுப் பரப்பில் படும் துகள்களின் எண்ணிக்கை துகள் பாய அடர்த்தி ஆகும். சதுரப்பரப்பு, மீட்டர்^{2} அல்லது சென்டிமீட்டர்^{2} இல் கூறப்படும். (காண்க: 13.4.2, 13.4.3)

13-5. சில பேரளவுக் குணகங்கள்

எலக்ட்ரான், அயனி, அணுப் போன்ற துகள்களில் அவற்றுள்ளே அடங்கிய பண்புகளைப் பற்றிய பல்வகைக் கணிசங்களை அறிந்தோம். இவைபோன்ற துகள்களின் தொகுதிகளை உள்ளடக்கிய பண்புகளைப் பற்றிய கணிசங்கள் பேரளவுக் கணிசங்கள் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக வளிமத்தின் இயக்கக் கொள்கையின் விரவம் (diffusion), பிசிறம் (viscosity), கடத்துகை (conductance) போன்ற மாற்றல் விளைவுகள் யாவும் பேரளவுக் குணகங்களால் அமைந்தனவே. இந்தக் குணகங்களின் மதிப்பை மூலக்கூறுக் கொள்கையின் அடிப்படையில் அறியலாம். அயனியாக்கம், மீள்கூட்டு அல்லது மீள்பிணைப்பு (recombination), நகர்வு (mobility) முதலானவற்றின் குணகங்களின் அலகுகளை அறியலாம்.

13.5.1. பருமை மின்னியிய அயனியாக்கக் குணகம் (Volume Electronic Ionization Coefficient)

மின்புலத்தில் பாயும் எலக்ட்ரான், வளிமத்தை அயனியாக்கும் வலிமையைப் பெறுகிறது. மின்புலத்தின் திசையிலான ஓரலகுப் பாதையில் மின்னி உருவாக்கும் அயனியாக்க நடுமதிப்பு எண் N_i, **பருமை எலக்ட்ரானிய அயனியாக்கக் குணகம்** எனப்படும். இக் கருத்தைக் கூறிய F. டௌன்செண்ட் என்பவர் பெயரில் இது **முதல் டௌன்சென்ட் குணகம்** எனவும் கூறப்படும். இக்குணகம் நீள அலகின் தலைகீழ் மதிப்பால் அளக்கப்படும் : m^{-1} cm^{-1}

இங்ஙனமே அயனி, அணு போன்றவையும் விளக்கப்படும்.

13.5.2. மீள்கூட்டுக் குணகம் (Recombination Coefficient)

ஒரு வளிமத்தில் n_+ n_- செறிவுள்ள நேர், எதிர் ஊட்டத் துகள்கள் இருப்பின், அவை மீண்டும் இணைந்து நடுநிலை அணுவாகவோ, மூலக்கூறு ஆகவோ முயலும். ஓரலகுப் பருமத்தில் ஓரலகு நேரத்தில் விளையும் இந்த மீள்கூட்டின் எண்ணிக்கை

$$Nr = \alpha n_+ n_-$$

என்ற வாய்பாட்டால் கூறப்படும். இதில் α என்பது மீள்கூட்டுக் குணகம். இதன் பரிமானம்

$$[\alpha] = L^3 T^{-1}$$

எனவே இதன் அலகுகள் $<\alpha>_{SI} = m^3 s^{-1}$;
$<\alpha>_{cgs} = cm^3 s^{-1}$

13.5.3. நகர்வுக் குணகம் (Mobility Coefficient)

மின்புலம் உள்ள ஊடகத்தில் நகரும் மின்னூட்டத் துகள், பல மோதுகைகளுக்கு உட்படுத்தப்படுவதால் அதன் திசைவேகம் என்ற கதி (velocity) மாறாத ஒரு நடுமதிப்பு மட்ட அளவிலேயே இருத்தப்பெறும். இக்கதியும் **திசைப்படுத்தப்படாத குழப்பக் கதி** (chaotic undirected velocity) எனவும், **புலத்திசையிலான பெயர்வுக் கதி** எனவும் வேறுபடுத்தப்பெறும். இந்தப் பெயர்வுக் கதி, மின்னோட்டப் பாய்வைத் தீர்மானிக்கிறது. குறித்த தகுதிகளில் இந்தப் பெயர்வுக் கதி u, புலச்செறிவு E-க்குத் தகவுடையது.

$U \alpha E$ அல்லது $U = bE$

இதில் மாறிலி b **ஊட்டத்துகளின் நகர்வுக் குணகம்** அல்லது வெறுமனே நகர்வு எனக் குறிக்கப்படும்.

இந்த நகர்வுக் குணகம், விரவற்குணகத்துக்குத் (coefficient of diffusion—D) தொடர்புடையது என்பதை ஐன்ஸ்டீன் எடுத்துக்காட்டினார்.

$$\frac{D}{b} = \frac{KT}{e}$$

இதில் K — போல்ட்சுமான் மாறிலி
e — மின்னியின் (electron) ஊட்டம்
T — வெப்பநிலை (கெல்வினில்)

நகர்வை, ஓரலகுச் செறிவுள்ள மின்புலத்தில் நகர்கின்ற ஒரு துகள் பெறும் 'நடுமதிப்புத் திசையுற்ற கதி' என வரையறுக்கலாம். இதன் பரிமானம்,

SI -ல் $[b]_{SI} = LM^{-1}T^{2}I$

cgs-ல் $[b]_{cgs} = L^{\frac{3}{2}}M^{-\frac{1}{2}}$

நடைமுறையில் இது $<b>_{SI} = m^{-2}V^{-1}s^{-1}$; $<b>_{cgs} = cm^{2}V^{-1}s^{-1}$ என்ற அலகுகளால் அளக்கப்பெறுகிறது.

13.5.4. நகர்வும் விரவுகையும் (Mobility and Diffusivity)

ஏனைய எல்லாத் தகுதிகளும் மாறாதபொழுது, 'நகர்வு' விரவுகையைப் போலவே வளிமத்தின் அடர்த்திக்கு அல்லது குறைப்பித்த அழுத்தத்துக்கு எதிர்த் தகவில் இருக்கிறது. இதனால்,

$$b_{1} = \frac{b}{p}$$

என்ற கோவையால் வரையறுக்கப்படுகின்ற 'குறைப்பித்த நகர்வு' என்ற கோட்பாடு இதில் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்தக் குறைப்பித்த நகர்வு b_1, $1m_n$ இதன் அழுத்தத்துக்கோ (1 டாரி) அன்றி, படித்தர வளிநிலையழுத்தத்துக்கோ ($101\ 325\ Nm^{-2}$) சார்பாகக் கூறப்பெறும்.

14. அட்டவணை, பின்னிணைப்புகள்

14-1. பொதுவகை

14-1.1. கிரேக்க அகர வரிசை

கிரேக்க எழுத்து	ஆங்கிலச் சமனம்	ஆங்கில ஒலிப்பு	தமிழ்ச் சமனம்	தமிழ் ஒலிப்பு
Αα	Aa	ālphā	ஆ	ஆல்பா
Ββ	Bb	bēta	ப்	பீட்டா
Γγ	Gg	gamma	க்	காம்மா
Δδ	Dd	delta	ட்	டெல்ட்டா
Εε	Ee	epsilon	எ	எப்சிலான்
Ζζ	Z z	zēta	ச்	சீட்டா
Ηη	Ē ē	ēta	ஈ	ஈட்டா
Θθ	(Th)	thēta	த்	தீட்டா
Ιι	Ii	iōta	ஐ	ஐயோட்டா
Κκ	Kk	kappa	க்	கப்பா
Λλ	Ll	lambda	ல்	லேம்டா
Μμ	M m	mū	ம்	ம்யூ
Νν	N n	nū	ன்	ன்யூ
Ξξ	Xx(ks)	xí	க்ச்	க்சை
Οο	Oo	omicron	ஒ	ஒமைக்ரான்
Ππ	Pp	pi	ப்	பை
Ρρ	Rr	rhō	ர்	ரோ
Σσ(s)	Ss	sigma	ச்(ஸ்)	சிக்மா
Ττ	Tt	tau	ற்	றௌ
Υυ	Uu	upsilon	உ	உப்சைலான்
Φφ	(Ph)	phì	வ்	வ்வை (பை)
Χχ	(Kh)	chi	க்(ச்)	க்கை, க்சை, சை
Ψψ	(Ps)	psi	ப்ஸ்	ப்சை
Ωω	Ō	ōmega	ஓ	ஓமெகா

14-1.2. அளவீட்டு நிறுவனங்களின் சுருக்கக் குறிகள்

சுருக்கக்குறி	முழுப்பெயர்
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு ஆயம்
BSI	British Standards Institution பிரித்தானியப் படித்தர நிறுவனம்
CEI	Commission Electrotechnique International அனைத்துநாட்டு மின்னுணுக்கக் குழு
CGPM	Conference Generale des Poids et Mesures அளவீட்டுப் பொது மாநாடு
CIPM	Comite International des Poids et Mesures அனைத்துநாட்டு அளவீட்டுக் குழு
IBWM	BIPM-ன் ஆங்கிலவழிச் சுருக்கக்குறி International Bureau of Weights and Measures
ICWM	CIPM-ன் ஆங்கிலவழிச் சுருக்கக்குறி International Committee on Weights and Measures
IEC	CEI-ன் ஆங்கிலவழிச் சுருக்கக்குறி International Electrotechnical Commission
ISI	Indian Standards Institution இந்தியப் படித்தர நிறுவனம்
ISO	International Organisation for Standardisation படித்தரமாக்கலுக்கான அனைத்துநாட்டு அமைப்பு
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டு இயைபியலுக்கு (வேதியியலுக்கு) ஆன அனைத்து நாட்டு ஒன்றியம்
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியலுக்கு (பௌதிகத்துக்கு) ஆன அனைத்து நாட்டு ஒன்றியம்

சுருக்கக்குறி	முழுப்பெயர்
NPL	National Physical Laboratory (New Delhi) தேசியப் பூதவியல் ஆய்வகம் (புதுதில்லி)
OIN	Organisation Internationale de Normalisation ISO-ன் மூலப் பிரெஞ்சு வடிவம்
UNESCO	United Nations Educational Scientific Cultural Organisation அனைத்துநாட்டு ஒன்றியக் கல்வி அறிவியல் பண்பாட்டு அமைப்பு
USASI	United States of America Standards Institution அமெரிக்க ஒன்றியப் படித்தர நிறுவனம்

(ஏனைய சில ஆய்வகங்களின் சுருக்கக் குறிகளை 3-1-5-ல் காண்க.)

14.1.3. எண்மான முன்னொட்டுகள்

பெருக்கற் கூற்றெண்		படத்தின் மடங்கு	குறியீடு	முன்னொட்டு		
1 000 000 000 000	=	10^{12}	T	tera	டெரா	
1 000 000 000	=	10^{9}	G	giga	ஜிகா	
1 000 000	=	10^{6}	M	mega	மெகா	
1 000	=	10^{3}	k	kilo	கிலோ	
100	=	10^{2}	h	hecto	ஹெக்டோ	X
10	=	10^{1}	da	deka	டெகா	X
1	=	10^{0}	—	—	—	
0.1	=	10^{-1}	d	deci	டெசி	X
0.01	=	10^{-2}	c	centi	சென்டி	X
0.001	=	10^{-3}	m	milli	மில்லி	
0.000 001	=	10^{-6}	μ	micro	மைக்ரோ	
0.000 000 001	=	10^{-9}	n	nano	நேனோ	
0.000 000 000 001	=	10^{-12}	p	pico	பிக்கோ	
0.000 000 000 000 001	=	10^{-15}	f	femto	பெம்டோ	
0.000 000 000 000 000 001	=	10^{-18}	a	atto	அட்டோ	

X—திட்டத்தின் 'புறனடை'யுள் அமையும் முன்னொட்டுகள் deka: கிரேக்க மூலச்சொல் deka. deci, deca என்பனவற்றை வேறுபடுத்தக் கிரேக்க மூலச்சொல் deka அமெரிக்க வழக்கில் நிலைபெற்று வருகிறது.

14.1.4. மிகுந்து பயன்படும் எண்மான முன்னொட்டுகளுடன் SI அலகுகள்

எண்	கணிசம்	SI அலகு	உகந்த SI எண்மான முன்னொட்டுகள்	பயன்பெறும் பிற அலகுகள்
	வடிவியல் விசையியல் அலகுகள் : வெளி, காலவிடை (Space and Time)			
1.	நீளம் l : அலைநீளம் λ	மீட்டர் m	Km, mm, μm, nm	cm
2.	பரப்பு A, S (Area)	m^2	Km^2, mm^2	ஏர் a = 10^2 m^2 ஹெக்டேர் ha = $10^4 m^2$
3.	பருமம் V (ν) (Volume)	m^3	mm^3	ஹெக்டோ லிட்டர் லிட்டர் = dm^3 மில்லி லிட்டர் = cm^3
4.	தளக்கோணம் $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \nu, \phi$ (plane angle)	ஆரயன் (rad)	m rad, μ rad	பாகை° = $(\pi/180)$rad கோணநிமையம் = $1°/60$ கோணநொடி = $1^1/60$ படிநிலை g= $(\pi/200)$ rad
5.	திண்மக்கோணம் ω, Ω	திணாரயன் sr	—	—
6.	காலவிடை t (Time intervel)	நொடி s	Ks, ms, μs, ns	பக்கல், மணி, நிமையம்
7.	அதிர்வம் f, ν	எர்ட்சு Hz	THz, GHz, MHz, KHz	—

8.	உருள்வு அதிர்வம் (Rotational frequency)	1 நொடி s^{-1}	—	சுற்று/நொடி சுற்று/நிமையம்
9.	கதி (velocity) u v	ms^{-1}	—	Km/h
10.	முடுக்கம் a	ms^{-2}	—	—
11.	கோணகதி ω	rad s^{-1}	—	—
12.	கோண முடுக்கம் α	rad s^{-2}	—	—
		விசையியல் அலகுகள் (Mechanics)		
13.	நிறை (mass) m	கிலோகிராம் Kg	Mg, g, mg, μg	டன் t = 10^3Kg குவின்டால் q = 10^2Kg
14.	அடர்த்தி (density) ρ	Kg m^{-3}	Mg m^{-3}	tm^{-3}, Kg/litre, g/litre, g/ml
15.	இயக்கத்திணிவு P	Kg ms^{-1}	—	—
16.	கோணஇயக்கத்திணிவு L	Kg m^2s^{-1}	—	—
17.	சடமைச் சுழலம் I, J	Kg m^2	—	—
18.	விசை (force) F	நியூட்டன் N	MN, KN mN	—
19.	விசையின் சுழலம் M	N m	MNm, KNm, μNm	—
20.	ஆற்றல் (வேலை, வெப்பம்) E, W	சௌல் J	GJ, MJ, KJ, mJ	KWh

எண்	கணிசம்	SI	உகந்த SI எண்மான முன்னொட்டுகள்	பயன்பெறும் பிற அலகுகள்
21.	பரப்பு இழுவிசை γ, σ	Nm^{-1}	$mN\,m^{-1}$	eV
22.	அழுத்தம் p	Nm^{-2} (பாஸ்கல் -Pa)	$GN\,m^{-2}$, $MN\,m^{-2}$ $KN\,m^{-2}$ $mN\,m^{-2}$ $\mu N\,m^{-2}$	1 h bar = $10^7 Nm^{-2}$ 1 bar = $10^5 Nm^{-2}$ 1 m bar = $10^2 Nm^{-2}$ 1 μ bar = $0.1 Nm^{-2}$
23.	(இயக்கப்) பிசிறியம் η, (μ)	$N\,s\,m^{-2}$	$mNsm^{-2}$	பாய்சு P = $0.1\ Nsm^{-2}$ சென்டிபாய்சு cP = $10^{-3} Nsm^{-2}$
24.	இயக்களவப் பிசிறியம் ν	$m^2\,s^{-1}$		ஸ்டோக்ஸ் ST = $10^{-4} m^2 s^{-1}$ cSt = $\mu m^2 s^{-1}$
25.	விரவம் (அல்லது) விரவற் குணகம் D	$m^2 s^{-1}$	—	— —
26.	மேற்றிகை வலிமை	$J\,m^{-2}$	KJm^{-2}	— —
27.	ஈர்ப்புப் புலம்	$N\,Kg^{-1}$	—	— —
28.	ஈர்ப்பு வலிமை	$J\,Kg^{-1}$	—	— —

வெப்பவியல் அலகுகள்

29.	வெப்பநிலை t, (v)	கெல்வின் K		
30.	வழக்க வெப்பநிலை	பாகைசெல்சியசு °C		(௧ °C = ௧ K)
31.	வெப்பநிலையிடை	K		(௧ K = ௧ °C)
32.	நீள்விரிவம் α	/K (K^{-1})		
33.	வெப்பம் (ஆற்றல்) E W	J	TJ, GJ, MJ KJ, mJ	—
34.	வெப்பப்பாய்வுமேனி ϕ, (q) (வெப்பப்பாயம்)	W	KW	—
35.	வெப்பப் பாயஅடர்த்தி q, (ϕ)	W m^{-2}	MWm^{-2}, KWm^{-2}	—
36.	வெப்பக் கடத்தம் λ	W $m^{-1}K^{-1}$	—	—
37.	வெப்பக் கொண்மை C	J K^{-1}	KJK^{-1}	
38.	அக ஆற்றல் U	J	—	—
39.	என்ட்ரபி S	J K^{-1}	—	—
40.	மறைவெப்பம் L	J	—	—
41.	தனி என்ட்ரபி s	J $Kg^{-1}K^{-1}$	—	—
42.	தனிமறைவெப்பம் l	J Kg^{-1}	—	—

எண்	கணிசம்	SI	உகந்த SI எண்மான முன்னொட்டுகள்	பயன்பெறும் பிற அலகுகள்
43.	தனிவெப்பக்கொண்மை C	$J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$	—	—
44.	தனி ஆற்றல்	$J\ Kg^{-1}$	$MJ\ (Kg)^{-1}$, $KJ(Kg)^{-1}$	
45.	வெப்ப விரவம் *a*	m^2s^{-1}	—	—
		மூலக்கூறு (இயைபியல்) அலகுகள்		
46.	பண்டளவு	மோல்-mol		mol, K mol
47.	மோலாலிட்டி	—	—	K mol/Kg, mol/Kg m^3/mol
48.	மோலார் பருமம்	—	—	$m^3/Kmol$
49.	மோலாரிட்டி	—	—	$Kmol/m^3$, mol/litre, Kmol/litre
50.	மோலார் வெப்பக் கொண்மை Cm	—	—	$J\ (Kmol)^{-1}K^{-1}$ $J\ (mol)^{-1}\ K^{-1}$
51.	மோலார் அக ஆற்றல் Um	—	—	$J\ (Kmol)^{-1}$ $J\ mol^{-1}$
52.	மோலார் என்ட்ரபி S_m	—	—	$J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

ஒளி மற்றும் கதிர்ப்ப அலகுகள்

53. ஒளிர்வ ஆற்றல் (Luminous energy)	J	—	—
54. ஒளிர்வ ஆற்றல் அடர்த்தி	J m^{-3}		
55. ஒளிர்வச் செறிவு	கேண்டீலா - cd		
56. ஒளிர்வப் பாயம்	லூமென் – lm		
57. ஒளியூட்டம் (Illumination)	லக்சு - lx		
58. பிறங்கம் (Brightness)	cd m^{-2}		

மின்சார அலகுகள்

59. மின்னோட்டச்செறிவு I	ஆம்பியர் A	KA, mA, μA, nA, pA
60. மின்னோட்ட அடர்த்தி j	A m^{-2}	MA m^{-2}, KA m^{-2}
61. மின்னோட்ட நீளஅடர்த்தி	A m^{-1}	KA m^{-1}
62. மின்னூட்டம் Q	கூலும் -C	KC, μC, nC, pC
63. மின்னூட்டப் பரும அடர்த்திρ	C m^{-3}	MC m^{-3}, KC m^{-3}
64. மின்னழுத்தம், மின்னியக்கு விசை U, U_e	வோல்ட்-V	MV, KV, mV, μV

எண்	கணிசம்	SI	உகந்த SI எண்மான முன்னொட்டுகள்	பயன்பெறும் பிற அலகுகள்
65.	மின்தடை R	ஓம்-Ω	GΩ, MΩ, KΩ, mΩ, μΩ	—
66.	மின்தடையம் ρ	Ωm	GΩm, MΩm, KΩm, mΩm, μΩm, nΩm	
67.	மின்கடத்துகை G	சீமென்-S	KS, mS, μS	
68.	மின்கடத்தம் γ, σ	$S\ m^{-1}$	$MS\ m^{-1}$, $KS\ m^{-1}$	
69.	மின்கொண்மம் C	பேரட்-F	mF, μF, nF, pF	
70.	மின்புல வலிமை H	$V\ m^{-1}$	$MV\ m^{-1}$, $KV\ m^{-1}$, $m\ Vm^{-1}$, $\mu V\ m^{-1}$	
71.	மின்பாயம் ψ	C	MC, KC, mC	
72	மின்பாயஅடர்த்தி D (மின்சார இடப்பெயர்ச்சி)	$C\ m^{-2}$	$KC\ m^{-2}$	
73.	மின்தடையூட்டம் Z எதிர்வுக்கூறு X	Ω	MΩ, KΩ, mΩ	
74.	ஏற்பு Y கடத்துகை	S	KS, mS, μS	

75.	மின்சார மாறிலி ε_0	Fm^{-1}	μFm^{-1}, nFm^{-1}, ρFm^{-1}
76.	மின்சார இருமுனைச் சுழலம்	Cm	—
77.	மின்முனைவாக்கம்	Cm^{-2}	MCm^{-2}, KCm^{-2}
78.	மின்முனைவாகியன்மை electric polarisabilicity	Cm^2V^{-1}	
79.	மின்னாற்றல் *P*	J	
80.	செயலூக்கத் திறன் *Pa* active power	W	Tw, Gw, Mw, Kw, mw, μw, nw
81.	தோற்றத்திறன்	VA	MVA, KVA
82.	எதிர்வுக்கூற்றுத்திறன் P_x	VA_r	MVAr, KVAr
83.	காந்த அழுத்தம் Um	A	KA, mA
84.	காந்தவாக்கம் M	Am^{-1}	KAm^{-1}
85.	காந்தப்பாயம் φ	வீபர்-Wb	mWd
86.	காந்தத்திசையுளி அழுத்தம் *A*	$Wb\ m^{-1}$	$KWbm^{-1}$

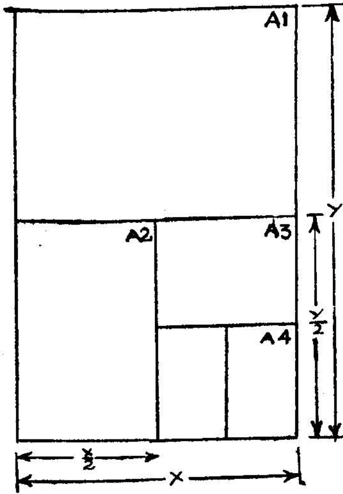
எண்	கணிசம்	SI அலகு	உகந்த SI எண்மான முன்னொட்டுகள்	பயன் பெறும் பிற அலகுகள்
87.	காந்தச்சுழலம் μ, m	Am^2	—	
88.	காந்த இருமுனைச் சுழலம்	(Wbm)		
89.	காந்தப்பாயஅடர்த்தி B	டெஸ்லா-T	mT, μT, nT	
90.	காந்தமுனைவாக்கம் J	T	mT	
91.	காந்த முனைவாகியன்மை	Wbm^2A^{-1}	—	
92.	மின்நிலைமம் (தூண்டம்) L, L_{12}	என்ரி-H	mH, μH, nH, pH	
93.	காந்த மாறிலி μ_0	Hm^{-1}	$\mu H m^{-1}$, nHm^{-1}	
94.	வெறுப்பம்	H^{-1}		
95.	புகுமியம்	H		

14.1.5. அனைத்துநாட்டுத் தாள் பரப்பமைப்புகள் International Paper Sizes

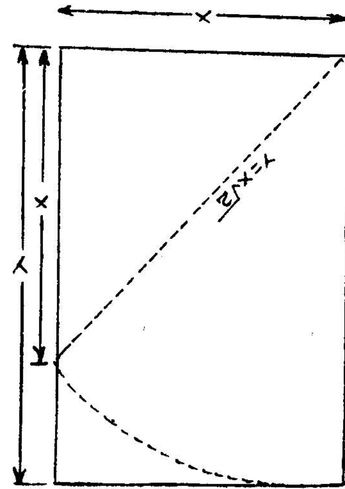
தொழிலியலைச் சார்ந்ததான இந்தத் 'தாள் பரப்பு அமைப்பு'களைக் கல்வித்துறைத் தொடர்புடையவர்கள் அறிந்து கொள்ளுதல் பயன் உடையதாக இருக்கும் என்பதால், பின்னிணைப்பில் இதன் அளவுகள் தரப்படுகின்றன. மற்றபடி, அளவீட்டு அறிவியலுக்கும் இதற்கும் வேறு தொடர்பு கிடையாது.

அனைத்து நாட்டுப் படித்தர நிறுவனம் (ISO) திட்டப் படுத்தியுள்ள (ISO/R 216-1961) தாள்பரப்பு அமைப்புகளுக்கான நெறிமுறைகள் ஆவன :

(1) **பாதியாக்கம்** (halving): பரப்பைப் பாதியாக்குவதாலோ அன்றி இரட்டிப்பதாலோ கிடைக்கும் அளவுகள் *(1 : 2; 2 : 1 படம் 116)*



படம் 116. தாள் பரப்பமைப்பு—1



படம் 117. தாள் பரப்பமைப்பு—2

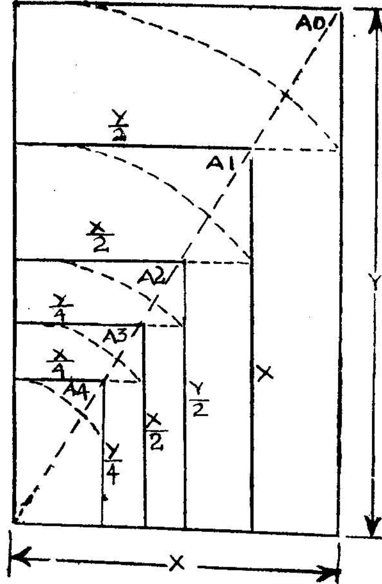
2. **ஒப்புமை** (Similarity): பரப்பைப் பாதியாக்குவதாலோ அன்றி இரட்டிப்பதாலோ கிடைக்கும் அளவுகளின் தகவு மாறாததாக இருக்கும். (படம் 117, 118 ஐக் காண்க.)

$$\frac{x}{y} = \frac{y/2}{x} \text{ அல்லது } \frac{x^2}{y^2} = \frac{1}{2} \text{ அல்லது } \frac{x}{y} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

எனவே, $x : y = 1 : \sqrt{2}$

ஒரு சதுரத்தின் பக்கத்துக்கும் மூலை விட்டத்துக்கும் உள்ள தகவே, இத்தகைய பரப்பில் நீளத்துக்கும் அகலத்துக்கும் இருக்கும்.

இந்த நெறிமுறைகளினால் படலங்களில் (film) இருந்து உருப்படிவை பெரிதாகவோ சிறிதாகவோ ஆக்கி அச்சிடுவது வாய்ப்பாக அமையும்.



படம். 118
தாள் பரப்பமைப்பு—3

(1) **அளவீட்டுத் திட்டம்:** மெட்ரிக் அலகுத் திட்டமே ஆகும். தாள் பரப்பமைப்புக்கு ஆன **அடிப்படைப் பரப்பு** $x \times y = 2$ சதுர மீட்டர்.

தாள்பரப்பின் A - வரிசை : நீள அகலங்கள் $1 : \sqrt{2}$ உள்ள செவ்வகத்தின் பரப்பு 1 சதுர மீட்டர் எனின், நீளம் 1189 mm; அகலம் 841 mm ஆகும். $1 : \sqrt{2}$ தகவாய் அமைவதால், ஒரு பக்கத்தைப் பாதியாக்கினாலும், அடுத்த பக்கத்தை இரட்டித்தாலும் பக்கங்களின் தகவு $1 : \sqrt{2}$. ஆகவே மாறாது விளங்கும். இதனால் இந்த வகையான பரப்புகளை விரிவாக்குவதும் குறைப்பதும் மிக எளிதாக அமையும் (படம் 1 ஐக்காண்க). AO என்பது அடிப்படைப் பரப்பு.

A0 ÷ 2 = AI; A1 ÷ 2 = A2; A2 ÷ 2 = A3; A3 ÷ 2 = A4 இங்ஙனமே

2A = 2A0; 4A = 4A0;.................

அட்டவணை — A வரிசைத் தாள் பரப்பு

குறியீடு	பரப்பு/mm^2	பரப்பு/அங்குலம்^{2}	தோராயப் பரப்பு^{2}
2A	1189 × 1682	46.81 × 66.22	47 × 66
A0	841 × 1189	33.11 × 46.81	33 × 47
A1	594 × 841	23.39 × 33.11	23.5 × 33
A2	420 × 594	16.54 × 23.39	16.5 × 23.5
A3	297 × 420	11.69 × 16.54	11.5 × 16.5
A4	210 × 297	8.27 × 11.69	8.5 × 11.5
A5	148 × 210	5.83 × 8.27	6 × 8.5
A6	105 × 148	4.13 × 5.83	4 × 6
A7	74 × 105	2.91 × 4.13	3 × 4

மேற்கண்ட பரப்புகளில் நீளத்தை மட்டும் $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, ஐக் கொண்டு பெருக்குவதால் கிடைக்கும் நீளப் பரப்புகளும் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

தற்போது வழக்கில் உள்ள பூல்ஸ்கேப் (foolscap), டெமி (Demy), கிரௌன் (crown) போன்ற பரப்புகளும், மேலே குறித்த அனைத்து நாட்டுத் தாள் பரப்புகளும் மிகுந்த வேறுபாடாய் விளங்குவதால் இவற்றுக்கு இடைப்பட்ட சில பரப்பு வரிசைகள் (B, C, D வரிசைகள்) தற்காலிகமாகப் பரிந்துரைக்கப் பெற்றன. எனினும் இறுதியில் அனைத்துநாட்டுத் தாள்பரப்பு ஒன்றையே பயன்படுத்த வேண்டும் ஆதலால், புதிதாகத் தொடங்கும் தாள் ஆலைகள் A வரிசைப் பரப்புகளை உருவாக்குவதே உகந்தது. (நமது நூலுக்குத் தக்க பரப்பாக A 1, 'டெமி'யையும் AO 'டபுள் டெமி'யையும், நூலின் புரப்பு வடிவம் A4-க்கும் ஒத்து அமையும்).

A வரிசை தவிர்த்து, தற்காலிகமாக வழக்கத்தில் உள்ள தாள்பரப்புகளுள் சில:

வரிசை	பரப்பு/mm^2	பரப்பு/அங்^{2}	பெயர்	தற்போதைய பரப்பு/அங்^{2}	தற்போதைய பரப்பு/mm^2
B1	707×1000	27.83×39.37	கிரௌண்-நால்	30×40	762×1016
B2	500×707	19.68×27.83	கிரௌண்-டபுள்	20×30	508×762
B3	353×500	13.90×19.68	கிரௌண்	15×20	381×508
C1	648×917	25.51×36.10	பூல்ஸ்கேப்-நால்	27×34	686×864
C2	458×648	18,03×25.51	பூல்ஸ்கேப்-டபுள்	17×27	432×686
C3	324×458	12.76×18.03	பூல்ஸ்கேப்	13.5×17	343×432

14.2. அனைத்துப் பொது மாறிலிகள்
UNIVERSAL CONSTANTS

குறிப்பு: இந்த மாறிலிகள், தேசிய ஆராய்ச்சி அவை-தேசிய அறிவியற் கழகத்தின் அடிப்படை மாறிலிகளுக்கான குழு (Committee on Fundamental constants of the National Academy of Sciences-National Research council), அனைத்து நாட்டு இலக்கணிய மற்றும் பயன்பாட்டுப் பூதவியல் ஒன்றியத்தின் (International Union of Pure and Applied Physics) 1973 செப்டம்பர் — பரிந்துரை அறிக்கைகளில் இருந்து தொகுத்தவை.

பட்டியலில் எண்மதிப்பின் இறுதியில் பிறைக்கட்டுள் உள்ள எண், இறுதி எண்ணிடத்தின் வேறுபாட்டு மதிப்பைச் சுட்டும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒளியின் கதி C = $2.997\ 925(1) \times 10^{-8}$ ms^{-1} என்பது $c = (2.997\ 925 \pm 0.000\ 001) \times 10^{8}$ ms^{-1} என்பதாகும்.

	குறியீடு	கணிசம்	எண்மதிப்பு	'பெருக்கியும்' அலகும்	
				SI	cgs
மாறிலிகள்	c	வெற்றிடத்தில் ஒளியின் கதி	2.997 925 (1)	10^{8} m s^{-1}	10^{10} cm s^{-1}
	μ_0	காந்த மாறிலி (வெற்றிடத்தின் இசைவியன்மை)	4π	10^{-7} H m^{-1}	—
	ε_0	மின்சார மாறிலி (வெற்றிடத்தின் புக்கியன்மை)	8.854 19(1)	10^{-12} F m^{-1}	—
	e	அடிப்படை மின்னூட்டம்	1.602 192(7)	10^{-19}C	10^{-20}emu

	e^*	,,	4.802 98(20)	—	10^{-10}esu
	e^*/e		1.602 10(7)	—	10^{-20} emu
	h	பிளாங்க் மாறிலி Planck constant	6.626 20(5)	10^{-34}Js	10^{-27} ergs
	$\hbar = h/2\pi$		1.054 592(8)	10^{-34} Js	10^{-27} ergs
	h/e	குவாண்டம்-மின்னூட்டத் தகவு	4.135 708(14)	10^{-15} Jsc^{-1}	10^{-7} emu
	h/e^*		1.397 47(4)	—	10^{-17} ergs / esu
	hc/e^*		4.135 708(4)	—	10^{-7} ergs/emu
	h/k		4.799 3(6)	10^{-11}sk	10^{-11} sk
பொது	α	நுண்ணமைப்பு மாறிலி fine structure constant	7.297 351(11)	10^{-3}	10^{-3}
	$1/\alpha$		1.370 360(2)	10^{2}	10^{2}
	α^2		5.324 92(14)	10^{-5}	10^{-5}
	G	ஈர்ப்பு மாறிலி gravitational constant	6.673 (3)	$10^{-11}N\ m^2\ kg^{-2}$	$10^{-8}dyn\ cm^2g^{-2}$
	Z_o	வெற்றிடத்தின் தடையூட்டம் impedence of free space	3.767 304(1)	10^2○ Ω (ஓம்)	10^{11} emu
	P_o	இயல்பு நிலவளி	1.013 25	10^5 $N\ m^{-2}$	10^6 $dyn\ em^{-2}$
	eV	'எலக்ட்ரான் வோல்ட்'டில் அன ஆற்றல்	1.602 10(7)	10^{-19}J	10^{-12} erg

	குறியீடு	கணிசம்	எண்மதிப்பு	'பெருக்கியும்' அலகும் SI	cgs
கதிர்ப்ப மாறிலிகள்	c_1	முதல் கதிர்ப்ப மாறிலி Ist-radiation Constant $c_1 / = 2\pi hc^2$	3.741 5(3)	10^{-16} Wm^2	10^{-5}erg em^{2}s^{-1}
	c_2	இரண்டாம் கதிர்ப்ப மாறிலி $c_2 = hc/k$	1.43879(19)	10^{-2} m k	10^0 cmk
	λ_{MAX} T	வியன் கதிர்ப்ப நெறி Wien's radiation law λ உச்சம் $T = c_2/4.965\ 11423$	2.897 8(4)	10^{-3} mk	10^{-1} cmk
	σ	ஸ்டெபான் (-போல்ட்சுமான்) மாறிலி	5.669 6(9)	10^{-8}W m^{2}k^4	10^{-5}ergcm^{-2}k^{-4} $^{-1}$
		சூரிய மாறிலி	1.36	10^3 W m^{-2}	10^6ergcm^{-2} s^{-1}
பேரளவுப் பருப்பொருள்	k	போல்ட்சுமான் மாறிலி	1.380 62(6)	10^{-23} J k^{-1}	10^{-16} erg k^{-1}
	N, N_A	அவொகாட்ரோ மாறிலி	6.022 17(4)	$10,^{23}$ mol^{-1}	10^{23},mol^{-1}
			6.022 17(4)	10^{26} kg mol^{-1}	—
	F	பேரடே மாறிலி F = Ne	9.648 67(5)	10^4C mol^{-1}	—
	F*	F* = Ne*	2.892 599(16)	—	10^{14} esu mol^{-1}
		F*/c = Ne*/c	9.648 67(5)	—	10^3 emu mol^{-1}
	V_0	இலக்கணிய வளிமத்தின் இயல்புப் பருமம்	2.241 36(30)	10^{-2} m^3 mol^{-1}	10^4cm^3 mol^{-1}
	R	வளிம மாறிலி	8.314 3(3)	10^0Jk^{-1} mol^{-1}	10^7erg k^{-1}mol^{-1}

அணுவ மாறிலிகள்

R_∞	ரிட்பெர்க் மாறிலி Rydberg constant	1.097 3731(1)	$10^{7}m^{-1}$	$10^{5}cm^{-1}$
R_H		1.096 7758 (3)	$10^{7}m^{-1}$	$10^{5}cm^{-1}$
$R_\infty c$		3.289 842 (4)	$10^{15}s^{-1}$	$10^{15}s^{-1}$
$R_\infty hc$		2.179 72 (17)	$10^{-18}J$	$10^{-11}erg$
a_o	போஃர் ஆரம் Bohr radius	5.291 772 (8)	$10^{-11}m$	$10^{-9}cm$
μ_B	போஃர் மேக்னெட்டான்	9.274 10 (6)	$10^{-24}JT^{-1}$	
$\mu_B{}^*$		9.274 10 (6)	—	$10^{-27}ergG^{-1}$
μ_n	(நியூக்ளியர்) அணுக்கரு மேக்னெட்டான்	5.050 95 (5)	$10^{-27}JT^{-1}$	
$\mu_n{}^*$		5.050 95 (5)		$10^{-24}crgG^{-1}$
	தாம்சன் குறுக்குப் பரப்பு ($8\pi/3$ re^2	6.651 6 (5)	$10^{-28}m^2$	$10^{-25}cm^2$
μ/hc	சீமென் பிளப்பு மாறிலி e/hc	4.668 60 (7)	$10^{1}m^{-1}T^{-1}$	—
	e^*/hc^2	4.668 60 (7)	—	$10^{-5}cm^{-1}G^{-1}$
m_H	நீரக அணுவின் நிறை	1.673 43 (8)	$10^{-27}kg$	$10^{-24}g$
amu	அணுநிறையலகு (அடிப்படை 0^{16})	9.314 78 (15)	$10^{2}MeV$	
u	ஒருங்கிணைந்த நிறை அலகு (அடிப்படை c^{12})	1.660 4	$10^{-27}kg$	$10^{-30}g$

மின்னி) எலக்ட்ரான் (electron)

குறியீடு	கணிசம்	எண்மதிப்பு	'பெருக்கியும்' அலகும் SI	cgs
m_e	மின்னி அமைதிநிலை நிறை	9.109 56 (5)	10^{-31}kg	10^{-28}g
m_p / m_e	புரோட்டான்—மின்னி (எலக்ட்ரான்) நிறைத்தகவு	1.836 10 (3)	10^3	10^3
$m_e c^2$	மின்னி அமைதிநிலை ஆற்றல்	8.187 26 (6)	10^{-14}J	10^{-7}erg
		5.110 041 (16)	10^{-1}MeV	
e/me	மின்னியின் மின்னூட்ட-நிறைத் தகவு (தனி ஊட்டம்)	1.758 803 (5)	10^{11}C kg^{-1}	—
	e^*/me	5.272 759 (16)	—	10^{17}esug^{-1}
	$e^*/m_e c$	1.758 803 (5)	—	10^{7}emug^{-1}
r_e	மின்னி ஆரம்	2.817 939 (3)	10^{-15}m	10^{-13}cm
μ_e	மின்னியின் காந்தச் சுழலம்	9.284 0 (6)	10^{-24}JT^{-1}	
μe^*		9.284 0 (6)		10^{-21}erg G^{-1}
	$\mu e/\mu B = \mu^* e/\mu^* B$	1.001 159615 (15)		
λ_e	மின்னியின் காம்ப்டன் அலை நீளம்	2.426 310 (7)	10^{-12}m	10^{-10}cm
	$\lambda e/2\pi$	3.861 44 (9)	10^{-13}m	10^{-11}cm

புரோட்டான்	m_p	புரோட்டான் அமைதிநிலை நிறை	1.672 614 (11)	10^{-27}kg	10^{-24}g
	$m_p c^2$	புரோட்டான் அமைதிநிலை ஆற்றல்	1.503 271 (15)	10^{-10}J	10^{-3}erg
			9.382 59 (5)	10^{2}MeV	
	e/m_p	புரோட்டான் மின்னூட்ட நிறைத் தகவு	9.578 97 (11)	10^{7}Ckg^{-1}	10^{3}emu
			2.871 70 (3)		10^{13}esu
	μ_p	புரோட்டானின் காந்தச் சுழலம்	1.410 49 (13)	10^{-26}JT^{-1}	
	μ_p^*		1.410 49 (13)		10^{-23}ergG^{-1}
		$\mu^*_p/\mu^*_n = \mu_p/\mu_n$	2.792 76 (7)		
	γ_p	புரோட்டானின் சுழல் காந்தத் தகவு	2.675 197 (8)	10^{8}s^{-1}T^{-1}	10
	γ^1	புரோட்டானின் சுழல் காந்தத் தகவு (டயாக் காந்தத்துக்கான திருத்தம் உறாதது)	2.675 197 (8)		10^{4}s^{-1}G^{-1}
	λ_p	புரோட்டானின் காம்ப்டன் அலைநீளம் $h/m_p c$	1.321 40 (4)	10^{-15}m	10^{-13}cm
		$\lambda_p/2\pi$	2.103 07 (6)	10^{-16}m	10^{-14}cm

	குறியீடு	கணிசம்	எண்மதிப்பு	'பெருக்கியும்' அலகும் SI	cgs
நியூட்ரான்	m_n	நியூட்ரான் அமைதிநிலை நிறை	1.674 82 (8)	10^{-27}kg	10^{-24}g
	$m_n c^2$	நியூட்ரான் அமைதிநிலை ஆற்றல்	1.505 343 (15)	10^{-10}J	10^{-3}erg
			9.395 53 (5)	10^{2}Mev	
	λ_n	நியூட்ரான் காம்ப்டன் அலை நீளம் $h/m_n e$	1.319 58 (4)	10^{-15}m	10^{-13}cm
		$\lambda n/2\pi$	2.100 18 (6)	10^{-16}m	10^{-14}cm

* உடுக்குறியிட்டவை மூன்றலகு கௌசியத் திட்ட அலகுகள் ஆகும்

14. 3. அனைத்துநாட்டு அலகுத் திட்டம்

14.3.1. SI அடிப்படை அலகுகள் base units

கணிசம்	அலகு	குறியீடு
நீளம் length l	மீட்டர் metre	m மீ
நிறை mass m	கிலோகிராம் kilogram	kg கிகி
காலயிடை time t	நொடி second	s நொ
வெப்பநிலை temperature θ	கெல்வின் kelvin	k கெ
மின்னோட்டச்செறிவு electric current intensity	ஆம்பியர் ampere	ஆ A
ஒளிர்வச் செறிவு T luminons intensity	காந்திலா (கேண்டீலா) candela	கா,கே cd
பண்டளவு amount of substance	மோல் mole	mol மோல்

14.3.1 (a) SI அடிப்படை அலகுகளின் வரையறை

மீட்டர்: வெற்றிடத்தில் கரப்பன்-86 அணுவின் $^2P_{10}$, ^5ds ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடைப்பட்ட கதிர்ப்பின் 1650 763.73 அலை நீளத்துக்குச் சமமான நீளம் ஒரு மீட்டர்;

கிலோ கிராம் அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு ஆயத்தில் பாதுகாக்கப்பெறும் 90Ir-10 Pt கலவை மூலமுன்மாதிரி உருளையின் நிறை ஒரு கிலோகிராம்;

நொடி: இயல்புநிலையில் சீசியம்-133 அணுவின் இரு மீநுண் ஆற்றல் மட்டங்களுக்கு இடையிலான மின்னி (elctron)க் குதிப்புடன் தொடர்புற்ற கதிர்வீச்சின் 9 192 631 770 முறைமைகளுக்கு ஆகும் நேரம் ஒரு நொடி.

கெல்வின்: நீரின் முந்நிலைப்புள்ளி வெப்பநிலையை 273.16k எனக்கொண்ட வெப்ப யியக்க வெப்பநிலை அளவனில் இரு பாகைகளுக்கு இடைப்பட வெப்ப நிலையலகு ஒரு கெல்வின்

காந்திலா: சதுரமீட்டருக்கு 101 325 நியூட்டன் (இயல்-நிலவளி) அழுத்தத்தில் பிளாட்டினத்தின் உறை

வெப்ப நிலையில் ஓர் இலக்கணியக் கதிர்ப்பானின் (கரும்பொருளின்) 1/600 000 சதுரமீட்டர்ப் பரப்பு உமிழும் ஒளிர்வச்செறிவு ஒரு காந்திலா.

ஆம்பியர்: வெற்றிடத்தில், ஈறற்று நீண்ட முகப்பரப்பு நுணுகிய இரு கடத்திகள் ஒரு மீட்டர் இடைவெளியில் உள்ள போது ஒன்றின் ஒரு மீட்டர் நீளத்தில் 2×10^{-7} நியூட்டன் விசையை உண்டாக்க, அக்கடத்திகளின் ஊடாகப் பாயும் சம மின்னோட்ட வலிமை ஓர் ஆம்பியர்.

மோல்: 0.012 kg கரி-12 $^{12}_{6}C$ இல் எத்தனை அணுக்கள் உள்ளனவோ அத்தனை அடிப்படைக் கூறுகளைக் கொண்ட பண்டளவு (பொருளளவு) ஒரு மோல்.

14.3.2. அனைத்துநாட்டு அலகுத் திட்டம்: SI துணையலகுகள்

கணிசம்	அலகு	குறியீடு
தளக்கோணம் plan angle	ஆரயன் radian	rad ஆர்
திண்மக்கோணம் solid angle	திணாரயன் Steradian	sr தி

ரேடியன் என்ற ஆரயன்: தளக்கோண அலகு. ஆரத்துக்குச் சமமான வட்டப் பரிதிவில் வட்டமையத்தில் தாங்கும் கோணம்.

ஸ்டெரேடியன் என்ற திணாரயன்: திண்மக்கோண அலகு: ஆரத்தின் இருமடிக்குச் சமமான சதுரலகுக் கோளப்பரப்பு கோளமையத்தில் தாங்கும் திண்மக் கோணம்.

கியூரி: ரேடியோ நியூக்ளைடுச் செயலூக்க அளவின் அலகு. இது, ஒரு நொடியில் 3.7×10^{10} அணுச் சிதைவு (மேனி)க்குச் சமம். இதற்கான ஒருங்கியைந்த SI அலகு 'தலைகீழ்த்த நொடி' s^{-1} தான் $s^{-1} = 1$ சிதைவு/நொடி. எனினும் பயன்பாட்டு மிகுதியால் கியூரி கைவிடப்படவில்லை; மாறாக துணையலகாகக் கருதப்படுகிறது.

14.3.3. SI-தனிப்பெயர் பெற்ற வருவித்த அலகுகள்

எண்	கணிசம்	அலகுப் பெயர்	குறியீடு	வரையறை
1.	அதிர்வம் f, ν frequency	எர்ட்சு hertz	எர் = நொ$^{-1}$ Hz = s^{-1}	சுற்று/நொடி cycle/second
2.	விசை, F force	நியூட்டன் newton	நி N	N = kg m s^{-2}
3.	வேலை W, ஆற்றல் E வெப்பு Work energy quantity of heat	சௌல் joule	— சௌ J	J = kg m^2 s^{-2}
4.	திறன் P power	வாட் watt	, வா W	W = kg m^2s^{-3} = J s^{-1}
5.	அழுத்தம் P pressure	பாசுக்கல்* pascal	பா P	
6.	மின்னூட்டம் Q electric charge	கூலும் coulomb	கூ C	C = As
7.	மின்னழுத்தம் U electric potential	வோல்ட் volt	வோ V	V = kg m^2 s^{-3} A^{-1} = J A^{-1} s^{-1}
8.	மின்கொண்மம் C (தேக்குதிறம்) electric capacitance	பேரட் farad	பே F	F = A s V^{-1} = A^2 s^4 kg^{-1} m^{-2}
9.	மின்தடை R electrical resistance	ஓம் ohm	ஓம் Ω	Ω = kgm^2s^{-2} A^{-1} = VA^{-1}
10.	காந்தப்பாயம் φ magnetic flux	வீபர் weber	வீ wb	wb = kgm^2s^{-2} A^{-1} = Vs

எண்	கணிசம்	அலகுப்பெயர்	குறியீடு	வரையறை
11.	காந்தப்பாய அடர்த்தி B magnetic flux density	டெஸ்லா tesla	டெ T	$T = kgs^{-2} A^{-1} = Vsm^{-2} = Wbm^{-2}$
12.	மின்தூண்டம் L (நிலைமம்) inductance	என்ரி henry	எ H	$H = kgm^2s^{-2} A^{-2} = V sA^{-1}$
13.	ஒளிர்வப்பாயம் ϕ luminousflux	லூமென் lumen	லூ lm	lm = cd sr
14.	ஒளியூட்டம் அல்லது ஒளிவிளக்கம் E illumination	லக்சு luz	ல lx	$lx = cd\ srm^{-2} = lm\ m^{-2}$
15.	நடைமுறை வெப்பநிலை t customary temperature	பாகை செல்சியசு degree Celcius	°செ °C	$t°c = Tk - 273.15$

வரையறை

எர்ட்சு அதிர்வத்தின் அலகு. முறைமைக் காலயிடை (periodic time) ஒரு நொடி உள்ள முறைமை விளைவின் அதிர்வம்.

நியூட்டன் விசையின் அலகு. ஒரு கிலோ கிராம் நிறைக்கு நொடிக்கு நொடியில் ஒரு மீட்டர் முடுக்கம் உண்டாக்கும் விசை.

சௌல் ஆற்றலின் அலகு. ஒரு நியூட்டன் விசை, அது செயற்படும் புள்ளியை விசையின் திசையில் ஒரு மீட்டர் நகர்த்தச் செய்யப்படும் வேலை.

வாட்	திறனின் அலகு; ஒரு நொடியில் செய்யப்படும் ஒரு செளல் வேலை.
பாசுகல்	அழுத்தத்தின் அலகு. ஒரு சதுர மீட்டர்ப் பரப்பில் செயற்படும் ஒரு நியூட்டன் விசை உருவாக்கும் அழுத்தம்.
கூலும்	மின்னூட்ட அலகு. ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஒரு நொடியில் கடத்தும் மின்னூட்டம்.
வோல்ட்	மின்னழுத்த அலகு. ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைக் கடத்தும் ஒரு கடத்தியின் இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே ஒரு வாட் ஆற்றல் கசிவு உண்டாகும் பொழுது அப்புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு.
பேரட்	மின் கொண்மத்தின் அலகு. ஒரு கூலும் மின்னூட்டம் உற்ற மின்கொண்மித் தகடுகளுக்கு இடையே ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்தம் உருவாகும் போதான மின்கொண்மம்.
ஓம்	மின்தடையின் அலகு. மின்னியக்குவிசை உருவாகாத பொழுது, ஒரு கடத்தியின் இரு புள்ளிகளுக்கு இடையே ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஏற்படும் பொழுது அப்புள்ளிகளுக்கு இடைப்பட்ட தடை.
வீபர்	காந்தப் பாயத்தின் அலகு. ஒரு சுற்றுள்ள மின்சுற்றில் ஒரு வோல்ட் மின்னியக்கு விசையை உருவாக்கி, அதனை ஒரு நொடியில் சீராகக் குறைத்துச் சுழியாக்குவதால், அச்சுற்றில் பிணைப்புறும் காந்தப்பாயம்.
டெஸ்லா	காந்தப் பாய அடர்த்தி அலகு. ஒரு சதுர மீட்டர்ப் பரப்பில் ஆன ஒரு வீபர் காந்தப் பாயம்.
என்ரி	மின் தூண்டத்தின் அலகு. நிறைவுறுத்திய மின் சுற்று ஒன்றில் ஒரு வோல்ட் மின்னியக்குவிசை, ஒரு நொடிக்கு ஓர் ஆம்பியர் மேனி (வீதம்) சீராக மாறுபடும் மின்னோட்டத்தை உருவாக்கும் போதான தூண்டம்.

லூமென் — ஒளிர்வப் பாயத்தின் அலகு: ஒரு காந்திலா (candela) வலிமையுள்ள புள்ளி ஒளிமூலம், ஓரலகுத் திண்மக் கோணத்துள் (திணாரயன்) உமிழும் ஒளிர்வப்பாயம்.

லக்ஸ் — ஒளியூட்ட அலகு: ஒரு சதுர மீட்டருக்கு ஒரு லூமென் ஒளியூட்டம்:

பாகை செல்சியஸ் — அனைத்து நாட்டு நடைமுறை வெப்பநிலை அலகு. இந்த அளவனின் சுழிப்புள்ளி, வெப்ப யியக்க வெப்பநிலை அளவனில் 273.15 K-ஆல் வரையறுக்கப்படும்:

14.3.4. SI—தனிப்பெயர் பெற்ற வருவித்த அலகுகளின் வாய்பாடு

எர்ட்சு hertz-H_z

அதிர்வத்தின் அலகு 'எர்ட்சு' எனப் படும்: அஃது
ஒரு நொடிக் கால முறைமை நேரம்
உடைய முறைமை விளைவின் அதிர்வம்.

நியூட்டன் newton-N

ஒருகிலோ கிராம்நிறைப் பொருளில் நொடியில்
நொடிக்குஒரு மீட்டர் முடுக்கம்உண் டாக்கும்
விசையே, விசையின் அலகு நியூட்டன்

செவல் joule-J

ஆற்றலின் அலகுசெவல் ஒருநியூட் டன்விசை
செயற்படும் புள்ளியை விசைத்திசை யினில்ஒரு
மீட்டர் நகர்த்திட உருற்றிடும் வேலை

வாட் watt-W

திறனின் அலகு வாட் எனப் படும், அது
நொடியில் உருற்றும் ஒருசெவல் வேலை

பாசுகல் pascal—Pa

அழுத்தத்தின் அலகு பாசுகல் அஃதுஒரு
சதுர மீட் டர்ப்பரப் பினில்செயற் படும் ஒரு
நியூட்டன் விசைதரும் அழுத்தமே ஆகும்.

கூலும் coulomb—C

மின்னூட் டத்தின் அலகு கூலும்:
அஃது ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட் டம்ஒரு
நொடியில் கடத்தும்மின் னூட்டம் ஆமே!

வோல்ட்டு volt V

மின்னழுத் தத்தின் அலகுவோல்ட் ஆகும் :
ஓர் ஆம் பியர்மின் னோட்டம் கடத்தும்
கடத்தியின் இருபுள் ளிகளுக்கு இடையே
ஒருவாட் ஆற்றல் கசிவுஏற் படுங்கால்
அவ்விரு புள்ளி களுக்குஇடைப் பட்ட
மின்னழுத்த வேறு பாடு ஒருவோல்ட்

பேரட் farad-F

ஊட்டம் ஒரு கூலும் உற்றமின் கொண்மித்
தகடுகட்கு இடைஒரு வோல்ட்டுமின் னழுத்தம்
ஏற்படும் போது அதன் கொண்மம் ஒரு பேரட்
ஆகும்: அதுவே கொண்மத்தின் அலகு.

(ஊட்டம்-charge; கொண்மி-capacitor; கொண்மம்-capacitance)

ஓம் Ohm-Ω

மின்தடை அலகு ஓம் : அஃதுஒரு கடத்தியின்
இருபுள் ளிகளுக்கு இடைஒரு வொல்ட் மின்
அழுத்தத் தால் ஓர் ஆம்பியர் ஓட்டம்
பாயும் அப் புள்ளி களுக்குஇடைப் படும் தடை:

வீபர் weber-Wb

காந்தப் பாயத்தின் அலகு வீபர் :
ஒற்றைச் சுற்றில் ஒரு வோல்ட் ஆனமின்
இயக்கு விசையினை நொடியில் சீர் ஆகக்
குறைத்துச் சுழியாக்கும் பொழுதுச் சுற்றில்
பிணைப்புறும் காந்தப் பாயம் ஓர் வீபர்,

டெசுலா tesla-T

பாய அடர்த்தியின் அலகு டெசுலா :
அதுவே,
ஒரு சதுர மீட்டர்ப் பரப்பில் ஓர் வீபர்
ஆன காந்தப் பாய அடர்த்தி

என்ரி henry-H

மின்தூண் டத்தின் அலகே என்ரி!
நிறைவுறு சுற்றில் ஒரு வோல்ட் இயக்கு
விசை, ஒரு நொடிக்கு ஓர் ஆம்பியர் மேனி
சீராய் மாறும் மின்னோட் டத்தை
ஆக்கிடும் போதுஉரு வாகிடும்
மின்தூண் டம் ஓர் என்ரி ஆகும்.

லூமென் lumen-lm

ஓரலகு ஒளிர்வப்பா யம்லூமென் ஆகும் :
ஒரு'காந்தி லா'வலிமைப் புள்ளிஒளி மூலம்
ஓரலகுத் திண்மக்கோ ணத்துள்ளே உமிழும்
ஒளிர்வப்பா யத்தளவு ஒருலூமென் ஆமே!

லக்ஸ் lux-lx

ஓரலகு லூமென்ஒரு சதுரமீட்டர்ப் பரப்பில்
ஊட்டும்ஒளி, ஒளியூட்டம் அதன் அலகு லக்ஸ்-ஏ!

14.3.5. அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டம்—சில வருவித்த அலகுகளும் குறியீடும்—குறிக்கும் வகை

கணிசம்	அலகு	குறியீடு	தமிழ்க் குறியீடு
அடர்த்தி ρ	கிலோகிராம்/கன மீட்டர்	$Kg\ m^{-3}$	கிகி மீ $^{-3}$
கதி (திசைவேகம்) u, v	மீட்டர்/நொடி	$m\ s^{-1}$	மீ நொ$^{-1}$
கோணகதி ω	ஆரயன்/நொடி	$rad\ s^{-1}$	ஆர் நொ$^{-1}$
முடுக்கம் a	மீட்டர்/நொடி யிருபடி	$m\ s^{-2}$	மீ நொ$^{-2}$
கோண முடுக்கம் α	ஆரயன்/நொடி யிருபடி	$rad\ s^{-2}$	ஆர் நொ$^{-2}$
அழுத்தம் (அ) தகைவு P	நியூட்டன்/சதுர மீட்டர்	Nm^{-2}	நி மீ$^{-2}$
இயக்கப் பிசிறம் η	நியூட்டன் நொடி/ சதுர மீட்டர்	Nsm^{-2}	நி நொ மீ$^{-2}$
இயக்களவப் பிசிறம் γ	சதுர மீட்டர்/ நொடி	$m^2 s^{-1}$	மீ^{2} நொ$^{-1}$
மின்புல வலிமை E	வோல்ட்/மீட்டர்	Vm^{-1}	வோ மீ$^{-1}$
காந்தப்புல வலிமை H	ஆம்பியர்/மீட்டர்	Am^{-1}	ஆ மீ$^{-1}$
ஒளிர்வியம் L	காந்திலா/சதுர மீட்டர்	$cd\ m^{-2}$	கா மீ$^{-2}$
அலையெண் σ	1/மீட்டர்	m^{-1}	மீ$^{-2}$
என்ட்ரபி S	ஜௌல்/கெல்வின்	$J\ K^{-1}$	ஜௌ கெ$^{-1}$

கணிசம்	அலகு	குறியீடு	தமிழ்க் குறியீடு
தனிவெப்பக் கொண்மை c	சௌல்/கிலோ கிராம் கெல்வின்	$J\,Kg^{-1}\,K^{-1}$	சௌ கிகி$^{-1}$ கெ$^{-1}$
வெப்பக் கடத்தம் λ	வாட்/மீட்டர் கெல்வின்	$Wm^{-1}\,K^{-1}$	வா மீ^{1} கெ$^{-1}$
ரேடியோ நியூக்ளீடுச் செயலூக்கம்	1/நொடி	s^{-1}	நொ$^{-1}$
மின்சார இசைவியன்மை ε	பேரட்/மீட்டர்	Fm^{-1}	பே மீ$^{-1}$
காந்தப் புக்கியன்மை μ	என்ரி/மீட்டர்	Hm^{-1}	எ மீ$^{-1}$
காந்த இயக்குவிசைI_m	ஆம்பியர்	A	ஆ

14.3.6. அனைத்துநாட்டு அலகுத்திட்டம் SI. SI–உடன் பயன்படுத்த ஒப்புதல் பெற்றுள்ள சில திட்டமில் அலகுகள்

கணிசம்	அலகுப்பெயர்	குறியீடு	SI சமானம்
நீளம் l	பார்செக்	pc	$1pc = 30.87 \times 10^{16}m$
பரப்பு A,S	பார்ன்	b	$1b = 10^{-28}\,m^2$
	ஹெக்டேர்	ha	$1ha = 10^4\,m^2$
பருமம் V	லிட்டர்	li	$1\,li = 10^{-3}\,m^3 (= dm^3)$
கொண்மை C			
அழுத்தம் p	பார்	bar	$1\,bar = 10^5\,N\,m^{-2}$
நிறை m	டன் (tonne)	t	$1\,t = 10^3 kg = 1\,Mg$
விரவற்குணகம் D, இயக்களவியப் பிசிறம் η	ஸ்டோக்ஸ்	St	$1\,St = 10^{-4}\,m^2\,s^{-1}$
இயக்கப்பிசிறம்	பாய்ஸ்	P	$1\,P = 10^{-1} kg\,m^{-1}\,s^{-1}$
காந்தப்பாய அடர்த்தி B	கௌஸ்	Gs	$1\,Gs = 10^{-4}\,T$
கதிரியக்கம்	கியூரி	Ci	$1\,Ci = 37 \times 10^9\,s^{-1}$
ஆற்றல் E	எலக்ட்ரான் வோல்ட்	eV	$1\,eV = 1.6021 \times 10^{-19} J$

14.4. திட்டமில் அலகுகள்-Non system Units

14.4.1 பதினமுறை அலகுகள்

SI அடிப்படை அலகுகள், அடிப்படை அலகுகளின் $10^{\pm 3n}$ மடங்குகள் தவிர்த்த ஏனைய எல்லாப் பதினமுறை அலகுகளும் திட்டமில் அலகுகளே. இந்நெறிமுறைப்படி மில்லிமீட்டர் SI அலகு; ஆனால் சென்டிமீட்டர் திட்டமில் அலகு. அங்ஙனமே ஆங்ஸ்ட்ராம் (10^{-10}m), எர்கு (10^{-7}J) போன்றவையும் திட்டமில் அலகுகளே

1.4.2 பிரித்தானிய, அமெரிக்க அலகுகள் :

	அலகு	SI அலகு	தலைகீழ் மதிப்பு
நீளம் :	1 மில் mil (mil)	$= 2.54 \times 10^{-5}$m	$3.937\ 0079 \times 10^{4}$
	1 அங்குலம் inch (in)	$= 2.54 \times 10^{-2}$m	39.370 079
	1 அடி foot (ft)	= 0.3048m	3.280 839
	1 கஜம் yard (yd)	= 0.9144m	1.093 613
	1 பாகம் fathom	= 1.828 8m	0.546 806
	1 தொடரி chain	= 20.116 8m	$4.970\ 970 \times 10^{-2}$
	1 படைசால் furlong	$= 2.011\ 68 \times 10^{2}$m	$4.970\ 970 \times 10^{-3}$
	1 மைல் mile (mi)	$= 1.609\ 344 \times 10^{3}$m	$6.213\ 712 \times 10^{-4}$

பரப்பு :	1 அங்குலம்^{2} (in^2)	$= 6.451\ 6 \times 10^{-4} m^2$	$1.550\ 003 \times 10^3$
	1 அடி^{2} (ft^2)	$= 9.209\ 304 \times 10^{-2} m^2$	$10.763\ 910$
	1 கஜம்^{2} (yd^2)	$= 0.836\ 127 m^2$	$1.195\ 990$
	1 மைல்^{2} (mi^2)	$= 2.589\ 988 \times 10^6 m^2$	$3.861\ 022 \times 10^{-7}$
	1 ஏக்கர்	$= 4.046\ 856 \times 10^3 m^2$	$2.471\ 054 \times 10^{-4}$
பருமம், கொள்ளளவு	1 அங்குலம்^{3} m^3	$= 1.638\ 706 \times 10^{-5} m^2$	$6.102\ 374 \times 10^4$
	1 அடி^{3} ft^3	$= 2.831\ 685 \times 10^{-2} m^3$	$35.314\ 67$
	1 கஜம்^{3} yd^3	$= 0.764\ 555 m^3$	$1.307\ 950$
	1 பாய்ம அவுன்சு (floz)	$= 2.841\ 306 \times 10^{-5} m^3$	$3.519\ 508 \times 10^4$
	1 பின்ட் pint (pt)	$= 5.682\ 613 \times 10^{-4} m^3$	$1.759\ 754 \times 10^3$
	1 UK குவார்ட் quart qt(UK)	$= 1.136\ 523 \times 10^{-3} m^3$	$8.798\ 770 \times 10^2$
	1 US வறள்குவார்ட்	$= 1.1012 \times 10^{-3} m^3$	9.081×10^2
	1 US நீர குவார்ட்	$= 0.946\ 33 \times 10^{-3} m^3$	$1.056\ 71 \times 10^3$
	1 UK கேலன் gal	$= 4.546\ 09 \times 10^{-3} m^3$	$2.199\ 692 \times 10^2$
	1 US கேலன்	$= 3.785\ 412 \times 10^{-3} m^3$	$2.641\ 721 \times 10^2$
	1 UK பூசெல் bushel (bu)	$= 3.636\ 87 \times 10^{-2}$	$27.495\ 944$
	1 US பூசெல்	$= 3.523\ 93 \times 10^{-2} m^3$	$28.377\ 41$
	1 வறள் பேரல்	$= 1.156\ 28 \times 10^{-5} m^3$	$8.648\ 424 \times 10^4$
	1 கன்னெய் பேரல்	$= 1.589\ 88 \times 810^{-5} m^3$	$6.289\ 783 \times 10^4$

	அலகு	SI அலகு	தலைகீழ் மதிப்பு
திறை :	1 தவசமணி grain	$= 6.48 \times 10^{-5}$kg	1.543×10^{4}
	1 அவுன்சு ounce (oz)	$= 2.834\,952 \times 10^{-2}$kg	35.273 962
	1 பவுண்டு pound (lb)	= 0.453 592 37kg	2.204 623
	1 கல்லெடை stone	= 6.350 293 kg	0.157 473
	1 கால் quarter	= 12.700 586kg	$7.873\,652 \times 10^{-2}$
	1 நூற்றெடை hundred weight CWT	= 50.802 345kg	$1.968\,413 \times 10^{-2}$
	1 UK டன்	$= 1.016\,047 \times 10^{3}$kg	$9.842\,065 \times 10^{-4}$
	1 US டன்	$= 207\,184\ 74 \times 10^{2}$kg	$1.102\,312 \times 10^{-2}$
	1 ஸ்லஹ்	= 14.5939kg	$6.852\,18 \times 10^{-2}$
அடர்த்தி :	1 பவுண்டு/அடி³	$= 16.018\,463$kgm^{-3}	$6.242\,796 \times 10^{-2}$
	1 பவுண்டு/அங்³	$= 2.767\,99 \times 10^{4}$kgm^{-3}	$3.612\,730 \times 10^{-5}$
கதி :	1 அங்குலம்/நொடி	$= 2.54 \times 10^{-2}$ ms^{-1}	39.370 079
	1 அடி/நொடி	= 0.3048 ms^{-1}	3.280 839
	1 மைல்/மணி	= 0.447 04 ms^{-1}	2.236 936

விசை :	1 பவுண்டல் (pdl)	$= 0.138\,255$N	$7.233\,011$
	1 பவுண்டு-விசை	$= 4.448\,222$N	$0.224\,809$
அழுத்தம் :	1 பவுண்டுவிசை/அங்^{2}	$= 6.894\,757 \times 10^3$Pa	$1.450\,377 \times 10^{-4}$
ஆற்றல் :	1 அடி பவுண்டல்	$= 4.214\,011 \times 10^{-2}$J	$23.730\,360$
	1 அடி பவுண்டுவிசை	$= 1.355\,817$J	$0.737\,562$
	1 பிரித்தானிய வெப்ப அலகு (Btu)	$= 1.055\,06 \times 10^3$J	$9.478\,134 \times 10^{-4}$
	1 தெர்ம்	$= 1.055\,06 \times 10^8$J	$9.478\,134 \times 10^{-9}$
திறன் :	1 குதிரைத்திறன் (hp)	$= 7.457\,00 \times 10^2$W	$1.341\,022 \times 10^{-3}$
வெப்பநிலை :	(பாகை பாரனீற்று)	$= t/°F \times \frac{9}{5}(T/c°) + 32$	
படித்தர வளிநிலை		$14.695\,916$ lbf/m^2 =	1.01325×10^5Pa
படித்தர ஈர்ப்பு முடுக்கம்		$32.174\,05$ அடி/நொடி$^{-2}$	$9{\cdot}806\,65$ms^2

14.4.3 மிகுதியாய்ப் பயன்பெறும் SI ஒப்புதல் பெறாத சில அலகுகள்

	அலகு	SI சமானம்	தலைகீழ்மதிப்பு
கோணம்	புள்ளி (point) $\pi/32$	$= 9.804 \times 10^{-2}$rad	10.20
கதி	mes(metre per second)	$= 1$ ms^{-1}	1
முடுக்கம்	கால் gal G 1cm/s^2	$= 10^{-2}$m s^{-2}	10^2
ஈர்ப்புவிசை வாட்டம்	'ஈயோட்வோஸ், (1em^2/s^2)/cm	$= 10^6$(m^2 s^{-2})/m	10^6
நிறை	டம்	= 9.806 65kg	0.1019
கிலோகிராம் விசை	கிலோபாண்ட் 1kgf	= 9.806 65N	10.1019
அழுத்தம்	பாசுகல்*Pascal Pa	$= 1$ Nm^{-2}	1
பிசிறும்	ரீ rhe 1 பாய்ஸ்	$= 0.1$Nsm^{-2}	10
ஒலித்தடை	ஒலிஓம் acohm		
அலைஎண்	கேய்சர் Kayser cm^{-1}	$= 10^2$m^{-1}	10^{-2}
cgs மின்னோட்டச்செறிவு	பயாட் biot (Bi)	= 10A	0.1
cgs மின்னூட்டச்செறிவு	பிராங்க்ளின் franklin (Fr)	$= 3.33572 \times 10^{-9}$C	1.11270×10^{-10}
காந்தப்புலவலிமை	லென்ஸ் lenz (lz)	$= 1$ Am^{-1}	1
சார்பிலாப் புக்கியன்மை	மேஃன் magn	$= (10^7/4\pi)$ Fm^{-1}	$(4\pi/10^7)$
மின்கடத்துகை	மோ mho Ω^{-1}, ℧	= 1S	1
செயலூக்க அலகு	யூரேனியம் அலகு		

* பாசுகல் (Pascal – Pa), SI வருவித்த அலகாக ஏற்றுக் கொள்ளப்படும்.

14.5. அளவன்கள் முதலானவை

14.5.1. மடக்கை அளவன் Logarithmic scale

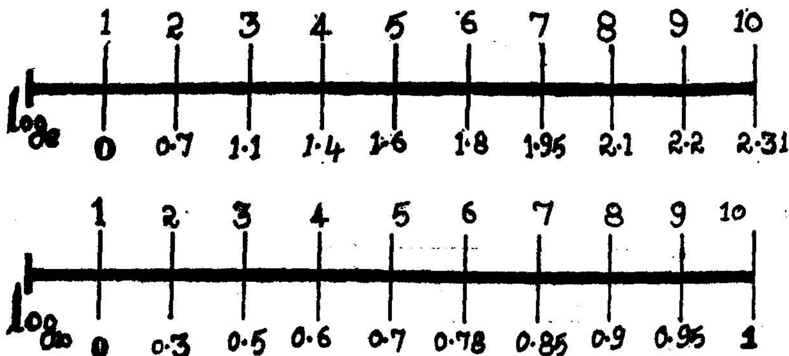
செவ்வாய்க் கோளை நோக்கிச் செல்லும் 'வைக்கிங்' (viking) கடந்த தொலைவுக்கும்' காலயிடைக்கும் ஒரு சார்புக் கோடு எழுதுவதாகக் கருதுவோம். பல நூறாயிரம் கிலோ மீட்டர்த் தொலைவை அவ்வாறே குறிப்பதும் இயலாது; குறிக்க 'முடிந்தாலும்' எந்தத் தெளிவும் இருக்காது. இவ்வாறு அகன்று பரந்து பட்டவற்றை அளவிட மடக்கை அளவன் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டாக, 1 முதல் கோடிவரை உள்ள எண்களை 10^0 முதல் 10^7 வரை எனக் குறிக்கலாம். இதனைப் பத்தின் அடிப்படையிலான மடக்கைக்கு உட்படுத்தினால்

மடக்கை 1 = மடக்கை 10^0 = 0 மடக்கை 10 = 0
மடக்கை 10 000 000 = மடக்கை 10^7 = 7 மடக்கை 10 = 7

மடக்கை அளவினில் இந்த ஒரு கோடிப் பேரளவு, சுழி முதல் 7 வரையிலான ஏழே அலகுகளில் அடங்கிவிடுகிறது. இதனால் அளவீடு மிக ஏந்தாக, எளிதாக அமைந்து விடுகிறது. எனினும் இந்த மடக்கை அளவன் நெடுக்க அளவனைப்போல சம இடை வெளி யுடையதாய் இராது.

10 இன் அடிப்படையில் மடக்கை எடுத்தது போலவே e இன் அடிப்படையில் (இயல்) மடக்கையும், 2 போன்ற பிற ஏந்தான எண்ணின் அடிப்படையிலும் மடக்கை அளவனை அமைக்கலாம்.



படம் 119. இயல்மடக்கை, பதினமடக்கை அளவன்கள்

14.5.2: pH அளவன்

ஒரு கரைசலின் புளியத்தன்மை (acidity)யை அதன் pH மதிப்பும், காரத்தன்மை (alkalinity)யை pOH மதிப்பும் அளவிட்டு உரைக்க உதவுகின்றன. அஃதாவது, கரைசலின் நீரக அயனிச் செறிவை அளக்க P^H அளவனும், நீரக - உயிரகை (hydroxyl-OH) அயனிச் செறிவை அளக்க POH அளவனும் பயன்படுகின்றன.

அயனிச்செறிவின் நெடுக்கம் மிகவும் பரந்துபட்டது. எனவே இதனை அளக்க, மடக்கை அளவன் (logarithmic scale) தான் உகந்தது. நீரக அயனிச் செறிவுக்கு, எதிர்க்குறியுடைய மடக்கை பயன்படுகிறது. இந்த அளவனை உருவாக்கிய வகை யாவது;

நீர் போன்ற இயைபியற்படி நடுநிலையான கரைசல்களின் நீரக அயனிச்செறிவு $[H^+] = 10^{-7}$ g li^{-1} அல்லது $[H^+] = 10^{-7}$ kg m^{-3} இதனை மடக்கைப் படுத்தினால்

மடக்கை $[H^+]$ = மடக்கை 10^{-7} = -7 மடக்கை$_{10}$ $10 = -7$
அஃதர்வது,

மடக்கை $[H^+] = -7$ அல்லது —மடக்கை$[H^+] = 7$
எதிர்க்குறியுடைய இந்த மடக்கை மதிப்பு P_H எனக் குறிக்கப் படுகிறது.

$$P^H = -\text{ மடக்கை } [H^+] = 7$$

அஃதாவது, நடுநிலையான கரைசல்களின் $P_H = 7$

புளியக் கரைசல்களில் நீரக அயனிச் செறிவு $[H^+] > 10^{-7}$ (எடுத்துக்காட்டாக 10^{-4}); எனவே அதன் $P^H < 7$ (எடுத்துக் காட்டில் $P^H = 4$): காரக்கரைசலில் $[H^+] < 10^{-7}$ (எடுத்துக் காட்டாக 10^{-9}); $PH > 7$ (அஃதாவது $P^H = 9$)

எனவே புளியக்கரைசலில் $P^H < 7$, காரக்கரைசலில் $P^H > 7$

	புளியத்தன்மை மிகுதி	நடுநிலைக் கரைசல்	காரத்தன்மை மிகுதி
P^H	← 0 1 2 3 4 5 6	7	8 9 10 11 12 13 14 →

P^H ,P^{OH} தொடர்பு:

நீரின் அயனிச் செறிவுகளின் பெருக்கம்

$K = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$ இதனை மடக்கைப் படுத்தினால்,

மடக்கை, $[H^+]$ + மடக்கை $[OH^-]$ = மடக்கை$_{10}$ $10^{-14} = -14$
அல்லது, -மடக்கை $[H^+]$ - மடக்கை $[OH^-] = 14$

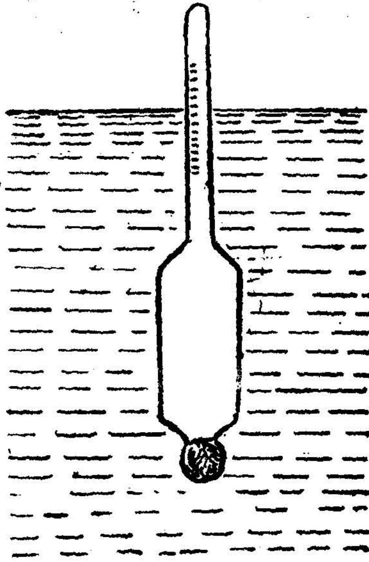
— மடக்கை $[H^+]$ = PH; - மடக்கை $[OH^-] = P^{OH}$.

எனவே, $P^H + P^{OH} = 14$

ஆகவே $P^H = 14 - P^{OH}$; $P^{OH} = 14 - P^H$

14.5.3. பாமே அளவன் (Baume scale)

நீரங்களின் அடர்த்தியை அளக்க உதவும் ஒரு அளவன் பாமே அளவன் ஆகும்.



படம் 120. நீரமானி

நீர அடர்த்திமானி ஒன்றின் அளவீட்டுக் குறுங்குழாய் பல சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும் 1 பாகத்தின் பருமம் v என்க. ρ_o அடர்த்தியுள்ள நீரத்தில் மிதக்கும் போது அடர்த்திமானி அமிழ்ந்த பருமம் V என்க. ρ அடர்த்தியுள்ள நீரத்தில் n சமபாகங்கள் அமிழ்ந்தால்,

$$\rho (V \pm nv) = \rho^o V$$

அடர்த்தி குறைவான நீரத்துள் அமிழ்ந்தால் + குறி; மிகுதியான நீரத்துள் அமிழ்ந்தால் —குறி.

இவ்வாறே, $\rho = P_o \dfrac{V}{V \pm nv}$

Vக்கும் vக்கும் உள்ள தகவு $V/v = N$; $\rho_o = 1$ எனின்

$$\rho = \frac{N}{N \pm n}$$

$N = 144.3$; $\rho_o = 1$ (15°C-இல் நீரின் அடர்த்தி) எனக் கொண்ட 'பாமே அளவன்' மிகுந்து கைக்கொள்ளப்பட்டது; அடர்த்தி, பாமே பாகை (B_e) யில் அளக்கப்பட்டது.

14. 5. சில அளவன் பற்றிய அட்டவணைகள்

14·5·4. இயற்சுர அளவன் Basic or diatonic or natural scale

	ஓர்மை unison	அரைக் கட்டை semi tone	சிறுமம் (2) minor	பெருமம் (2) major	மூன்றாம் சிறுமம் minor third	மூன்றாம் பெருமம் major third	நான்கு (4) fourth	ஐந்து (5) fifth	ஆறாம் சிறுமம் minor sixth	ஆறாம் பெருமம் major sixth	ஏழு (7) seven	எண்மம் (8) octave
அதிர்வம்Hz	240	256	266.7	270	288	300	320	360	384	400	450	480
அதிர்வத் தகவு	1	16 : 15	10 : 9	9 : 8	6 : 5	5 : 4	4 : 3	3 : 2	8 : 5	5 : 3	15 : 8	2 : 1

14.5.5. இசைச்சுர இடைவெளி musical intervals

சுரம் (கட்டை)	அடிப்படை அதிர்வு	தகவு	இயற்சுர அளவன் இடைவெளி		சமச்சுதி அளவன்	
			சேவர்ட்டில்	சென்ட்டில்	சேவர்ட்டில்	சென்ட்டில்
C ஓர்மை unison	240	1	0	0	0	0
D பெருமம் majortone	270	9 : 8	51.1	204	50.2	200
E மூன்றாம்பெருமம் major third	300	5 : 4	96.9	386	100.4	400
F நான்காம் fourth	320	4 : 3	125.0	498	125.4	500
G ஐந்தாம் fifth	360	3 : 2	176.1	702	175.6	700
A ஆறாம் பெருமம் major sixth	400	5 : 13	221.9	884	225.8	900
B(H)ஏழாம் seventh	450	15 : 8	273.0	1088	276.0	1100
C எண்மம் octave	480	2 : 1	301.0	1200	301.0	1200

4.5.6. வெவ்வேறு அலைநீளங்களில் ஆன சார்பிலா மற்றும் ஒப்பு ஒளிர்வுத்திறன் மதிப்புகள்
Value of relative and absolute luminous efficiency at different wavelengths

λ nm	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560
V	0.00004	0.0004	0.004	0.023	0.060	0.139	0.323	0.710	0.954	0.995
η lmW^{-1}	0.03	0.27	0.73	15.7	41.0	90.2	221	485	652	680
λ nm	**580**	**600**	**620**	**640**	**660**	**680**	**700**	**720**	**740**	**760**
V	0.870	0.631	0.381	0.175	0.061	0.017	0.0041	0.00105	0.00025	0.00006
η lmW^{-1}	594	431	260	120	41.7	11.6	2.8	0.72	0.17	0.04

14.5.7. போபோர்ட் அளவன் (Beaufort scale) காற்றின் கதிக்கான அளவன்

போபோர்ட் எண்	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
காற்றின் கதி ms^{-1}	0-0.5	0.6-1.7	1.8-3.3	3.4-5.2	5.3-7.4	7.5-9.8	9.9-12.4	12.5-15.2	15.3-18.2	18.3-21.5

10	11	12
21.6-25.1	25.2-29.0	>29.0

14.5.8. வானொலி நிலையங்களின் ஒலிபரப்பு அதிர்வுகள்

நம்மைச் சுற்றியுள்ள சில வானொலி நிலையங்கள் ஒலி பரப்புக்குப் பயன்படுத்தும் அடுக்கங்கள் ஆவன :

அடுக்கம் f/kHz	அலை நீளம் λ/m	வானொலி நிலையம்
610	491.8	பெங்களூர்
630	476.2	திருச்சூர்
660	454.5	திருவனந்தபுரம்
680	441.2	கோழிக்கோடு
720	416.7	சென்னை-1
740	405.4	ஐதராபாத்து
800	375	பத்ராவதி
840	357.1	விசயவாடா
940	319.1	திருச்சிராப்பள்ளி-1
1010	297	கோவன்புத்தூர்
1060	283	பாண்டிச்சேரி
1130	265.5	டில்லி (தமிழ்)
1150	260.87	சென்னை-2
1200	250	திருநெல்வேலி
1400	214.28	மைசூர்
1440	202.7	திருச்சிராப்பள்ளி-2
1550	193.5	சென்னை - விளம்பர ஒலிபரப்பு
4920	60.98	சென்னை-2 and 1
6080	49.30	சென்னை-1
6120	49.02	டில்லி (தமிழ்)
7125	42.11	டில்லி (தமிழ்)
7160	41.90	சென்னை-1
9912	30.27	டில்லி (தமிழ்)
15335	19.56	சென்னை (தெ. கி. ஆசியா)

14. 6. அலகு, வரையறை, பரிமானம்

14.6.1. வடிவியல், விசையியல் அலகுகளின் தொகுப்பு:

கணிசம்	வரையறை	பரிமானவாய்பாடு		அலகுகள்			
		SI cgs fps	mk விசை	SI	cgs	mk விசை	fps
நீளம்	l	L	L	m	cm	m	ft
நிறை	$m(=f \div a)$	M	$L^{-1}FT^2$	kg	g	i (டம்)	lb
காலயிடை	t	T	T	s	s	s	s
பரப்பு	$A = l^2$	L^2	L^2	m^2	cm^2	m^2	ft^2
பருமம்	$V = l^3$	L^3	L^3	m^3	cm^3	m^3	ft^3
கோணம்	$\Psi = l \div r$	1	1	rad	rad	rad	rad
திண்மக்கோணம்	$\Omega = A \div r^2$	1	1	sr	sr	sr	sr
வளைவியம்	$\rho = 1 \div r^2$	L^{-1}	L^1	m^{-1}	cm^{-1}	m^{-1}	ft^{-1}
கௌசியவளைவியம்	$K = 1 \div r^2$	L^{-2}	L^{-2}	m^{-2}	cm^{-2}	m^{-2}	ft^{-2}
தளஉருக்களின் நிலைப்புச்சுழலம்	$S_Z = \int r dA$	L^3	L^3	m^3	cm^3	m^3	ft^{-3}
தளஉருக்களின் அச்சியல், முனைவச் சுழலங்கள்	$I_Z = \int r^2 dA$	L^4	L^4	m^4	cm^4	m^4	ft^4

கணிசம்	வரையறை	பரிமான வாய்ப்பாடு		அலகுகள்			
		SI cgs fps	mk விசை	SI	cgs	mk விசை	fps
(கதிதிசைவேகம்)	$\nu = l \div t$	LT^{-1}	LT^{-1}	ms^{-1}	cm/s	m/s	ft/s
முடுக்கம்	$a = \frac{\nu_2 - \nu_1}{t}$	LT^{-2}	LT^{-2}	ms^{-2}	cm/s^2	m/s^2	ft/s^2
கோணகதி	$\omega = \Psi \div t$	T^{-1}	T^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}
கோணமுடுக்கம்	$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega^1}{t}$	T^{-2}	T^{-1}	s^{-2}	s^{-2}	s^{-2}	s^{-2}
முறைமை	$T = 2\pi \div \omega$	T	T	s	s	s	s
அதிர்வம்	$f = 1 \div T$	T^{-1}	T^{-1}	H_z	H_z	H_z	H_z (= e/s
கதிவாட்டம்	$\nu = d\nu/dl$	T^{-1}	T^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}
பருமளவுப் பாய்வுமேனி	$Q\nu = \frac{dv}{dt}$	T^3L^{-1}	L^3T^{-1}	m^3s^{-1}	cm^3/s	m^3/s	ft^3/s
பருமளவுப் பாய்வு மேனி அடர்த்தி	$qv = \frac{Q\nu}{A}$	LT^{-1}	LT^{-1}	ms^{-1}	cm/s	m/s	ft/s
விசை	f = (ma)	LMT^{-2}	F	N	dyn	kgf	pdlft
விசையின் சுழலம்	M = fl	L^2MT^{-2}	L^2F	Nm	dyn cm	kgf m	pdl ft
கணத்தாக்கு	ft	LMT^{-1}	FT	Ns	dyn s	kgf s	pdls

இயக்கத்திணிவு (உந்தம்)	(mv)	LMT^{-1}	FT	$kgms^{-1}$	gcm/s	im/s	pdl ft/s
வேலை, ஆற்றல்	W = flcos(fl)	L^2MT^{-2}	LF	J	erg	kgf m	ft pdl
ஆற்றல்அடர்த்தி	e = E ÷ V	$L^{-}MT^{-2}$	$L^{-2}F$	Jm^{-3}	erg/cm^3	kgf/m^2	(ft pdl/ft
திறன்	P = W ÷ t	L^2MT^{-3}	LFT^{-1}	W	$erg\ s^{-1}$	kgm/s	ftpdl/s
விசைச் சுழலத் திண்கணத்தாக்கு	Mt	L^2MT^{-1}	LFT	Nsm	dynscm	kgf sm	pdl sm
கோண இயக்கத் திணிவு	Y = mvν = Iw	L^2MT^{-1}	LFT	kgm^2s^{-1}	gcm^2/s	im^2/s	pdl^2/s
அழுத்தம்	P = f ÷ A	$L^{-1}MT^{-2}$	$L^{-2}F$	Nm^{-2}	dyn/cm^3	kgf/m^3	pdl/ft^2
அழுத்தவாட்டம்	வாட்டம் P $= \frac{dp}{dl}$	$L^{-2}MT^{-2}$	$L^{-3}F$	Nm^{-3}	dyn/cm^3	kgf/m^3	pdl/ft^3
சடமைச்சுழலம்	$I = \int_v r dm$	L^2M	LFT^2	kgm^2	$g\ cm^2$	im^2 $(kgf\ s^2m)$	$lb\ ft^2$
அடர்த்தி	P = m ÷ V	$L^{-3}M$	$L^{-4}FT^2$	kgm^{-3}	g/cm^3	im^2 $(kgfs^2/m^4$	$lb\ ft^{-3}$
நெகிழ்வு, சறுக்குக் குணிதம்	$E = \frac{fl}{Asl}$	$L^{-1}MT^{-2}$	$L^{-2}F$	Nm^{-2}	dyn/cm^2	kgf/m^2	$pdl\ ft^2$

		பரிமானவாய்ப்பாடு		அலகுகள்			
		SI cgs fps	mk விசை	SI	cgs	mk விசை	fps
பரும இறுக்கக் குணகம்	$K = \frac{1}{V}\frac{dv}{dp}$	$LM^{-1}T^2$	L^2F^{-1}	m^2N^{-1}	cm^2/dyn	m^2/kgf	ft^2/pdl
பிசிறம் viscosity	$\eta = -f \div A\frac{dv}{dt}$	$L^{-1}MT^{-1}$	$L^{-2}FT$	Nsm^{-2}	P	kgf s/m^2	pdls ft^{-2}
பரப்புஇழுவிசைக் குணகம்	$\sigma = f \div l$	MT^{-2}	$L^{-1}F$	Nm^{-1} $(=Jm^{-2})$	dyn/cm (erg/cm^2)	kgf/m	pdl/m
விரவற்குணகம்	$D = -\frac{sm}{st}A\frac{dp}{dt}$	L^2T^{-1}	L^2T^{-1}	m^2s^{-1}	cm^2/s	m^2/s	ft^2/s

fpfs — விசைத்திட்டத்தில் விசையின் அலகு பவுண்டு விசை (pound force - lbf). kgf ஐ ஒத்தது பவுண்டு விசை i (டம்) விசைத்திட்டத்தில் நிறையின் அலகு வருவித்தது.

14.6.2. மின்சாரஇயல்; கணிசம், வரையறை, பரிமானம் அலகு ஆகியன

கணிசம்		SI வரையறை	பரிமானம் [SI]	[cgsμ₀]	[cgs]	[cgsε₀]	சமானமும் அலகும் <SI>	<cgs Pr>	<cgs μ₀>	<cgs ε₀>	கணிசக் குறியீடு	பார்வை 12.1.
மின்னூட்டம்	Q	Q = It	TI	$L^{\frac12}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{\frac12}$	C	C	10^{-1} Bis	3×10^{9} Fr	g Q	12.1.1
மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி	σ	σ = Q÷A	$L^{-2}TI$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{\frac12}$	Cm^{-2}	10^{-4} C/cm²	10^{-5} Bis/cm²	3×10^{5} Fr/cm³	g σ	2
மின்னூட்டப்பருமடர்த்தி	ρ	ρ = Q÷V	$L^{-3}TI$	$L^{-\frac52}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{\frac12}$	Cm^{-3}	10^{-6} C/cm³	10^{-7} Bis/cm³	3×10^{3} Fr/cm³	g ρ	3
மின்சாரப் புலவலிமை	E	E = F÷Q	$LMT^{-3}I^{-1}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-2}\mu_0^{\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{-\frac12}$	Vm^{-1}	10^{-2} V/cm	10^{6} αV/cm	$(10^{-4}/3)$ βV/cm	g E	6
மின்சாரப் பாயம்	ψ	ψ = Q	TI	$L^{\frac12}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{\frac12}$	C	4π C	$4\pi\times10^{-1}$ Bis	$12\pi\times10^{9}$ Fr	g ψ	7
மின்சார இடப்பெயர்ச்சி	D	D = ψ÷A = $\varepsilon_0\varepsilon_r E$	$L^{-2}TI$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{\frac12}$	Cm^{-2}	$4\pi\times10^{-4}$ C/cm²	$4\pi\times10^{-5}$Bis/cm²	$12\pi\times10^{5}$Fr/cm²	g D	8
மின்சார மாறிலி	ε_0	ε_0 = D÷E	$L^{-3}M^{-1}T^{4}I^{2}$	$L^{-2}T^{2}\mu_0^{-1}$	I	ε_0	Fm^{-1}	$4\pi\times10^{-2}$ F/cm	$4\pi\times10^{-11}$αF/cm	$36\pi\times10^{9}$βF/cm	g ε_0	9
மின்கடத்திலியின் முனை வாக்கம்	P	P = ε_0E	$L^{-2}TI$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{\frac12}$	Cm^{-2}	10^{-4} C/cm²	10^{-5} Bis/cm²	3×10^{-5} Fr/cm²	g P	10
மின்கடத்திலி ஏற்புத்திறன்	Xe	Xe = P÷E	$L^{-3}M^{-1}T^{4}I^{2}$	$L^{-2}T^{2}\mu_0^{-1}$	I	ε_0	Fm^{-1}	10^{-2}F/cm	10^{-11} αF/cm	9×10^{9} βF cm	g X_e	11
மின்னாக்கம்	Ei	$Ei = \frac{D}{\varepsilon_0} - E$	$LMT^{-3}I^{-1}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-2}\mu_0^{\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{-\frac12}$	Vm^{-1}	$(10^{-2}/4\pi)$V/cm	$10^{6}/4\pi$ αV/cm	$10^{-4}/36\pi$βV/cm	g E_i	13
மின்னழுத்தம்	U	U = EL	$L^{2}MT^{-3}I^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-2}\mu_0^{\frac12}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{-\frac12}$	V	1 V	10^{8} αV	$10^{-2}/3$βV	g U	14
மின்னியக்குவிசை	E	E = W÷Q									g E	16
மின்னோட்டச்செறிவு	I	$I = \sqrt{\frac{2\pi rf}{\mu_0\mu rl}}$	I	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{\frac12}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-2}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-2}\varepsilon_0^{\frac12}$	A	1 A	10^{-1} Bi	3×10^{9} Fr/s	g I	18
மின்னோட்ட அடர்த்தி	j	j = I÷A	$L^{-2}I$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-2}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-2}\varepsilon_0^{\frac12}$	Am^{-2}	10^{-4}A/cm²	10^{-5} Bi/cm²	3×10^{5}Frs/cm²	g j	19
மின்சார இருமுனைச்சுழலம்	P_e	P = Ql	LTI	$L^{\frac32}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac52}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac52}M^{\frac12}T^{-1}\varepsilon_0^{\frac12}$	Cm	10^{2}C cm	10 Bis cm	3×10^{11}Fr cm	g P_e	20
மின்தடை	R	R = U÷I	$L^{2}MT^{-3}I^{-2}$	$LT^{-1}\mu_0$	$L^{-1}T$	$L^{-1}T\varepsilon_0^{-1}$	Ω	1Ω	10^{9} αΩ	$(10^{-11}/9)$βΩ	g R	41
மின்தடையம்	ρ	ρ = RA÷l	$L^{3}MT^{-3}T^{-2}$	$L^{2}T^{-1}\mu_0$	T	$T\varepsilon_0^{-1}$	Ωm	10^{2}Ωcm	10^{11}αΩcm	$(10^{-9}/9)$βΩcm	g ρ	42
மின்கடத்துகை	G	G = I÷U	$L^{-2}M^{-1}T^{3}I^{2}$	$L^{-1}T\mu_0^{-1}$	LT^{-1}	$LT^{-1}\varepsilon_0$	S	$1\Omega^{-1}$	$10^{-9}\alpha\Omega^{-1}$(α℧)	$9\times10^{11}\beta\Omega^{-1}$	g G	43
மின்கடத்தம்	γ	γ = Gl÷A	$L^{-3}M^{-1}T^{3}I^{2}$	$L^{-2}T\mu_0^{-1}$	T^{-1}	$T^{-1}\varepsilon_0$	Sm^{-1}	$10^{2}(\Omega cm)^{-1}$	$10^{-11}(\alpha\Omega cm)^{-1}$	$9\times10^{9}(\beta\Omega cm)^{-1}$	g γ	44
மின்கொண்மம்	C	C = Q÷U	$L^{-2}M^{-1}T^{4}I^{2}$	$L^{-1}T^{2}\mu_0^{-1}$	L	$L\varepsilon_0$	F	1F	10^{-9} αF	9×10^{11}βF	g C	45
காந்தப்பாயம்	ϕ	ϕ = Ut	$L^{2}MT^{-2}I^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{\frac12}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}\varepsilon_0^{-\frac12}$	Wb	10^{8}Mx	10^{8} Mx	$(10^{-2}/3)$βWb	g ϕ	22
காந்தப்பாய அடர்த்தி	B	B = ϕ÷A	$MT^{-2}I^{-1}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}\varepsilon_0^{-\frac12}$	T	10^{4}G	10^{4}G	$(10^{-6}/3)$βT	g B	23
காந்தப்புலவலிமை	H	H = B÷$\mu_0\mu_r$	$L^{-1}I$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-2}\varepsilon_0^{\frac12}$	Am^{-1}	$4\pi\times10^{-3}$Oe	$4\pi\times10^{-3}$Oe	$12\pi\times10^{7}$βOe	g H	24
புக்கியன்மை	μ	μ = B÷H	$LMT^{-2}I^{-2}$	μ_0	1	$L^{-2}T^{2}\varepsilon_0^{-1}$	Hm^{-1}	$10^{7}/4\pi$GOe	$10^{7}/4\pi$10G/Oe	$10^{-18}/36\pi$βG/βue	g μ	25
காந்தஇயக்குவிசை	I_m	I_m = nI	I	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-2}\varepsilon_0^{\frac12}$	A	4π/10Adkt	4π/10Bi (Gb)	$12\pi\times10^{8}$Fr s	g I_m	28
காந்தநிலைப்பாற்றல்	U_m	$U_m = \frac{1}{4\pi}\times\frac{P}{r}$	I	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-2}\varepsilon_0^{\frac12}$	A	I A	10^{-1} Bi	3×10^{9}Fr s	g U_m	29
வெறுப்பம்	R_m	$R_m = I_m + \phi$	$L^{-2}M^{-1}T^{2}I^{2}$	$L^{-1}\mu_0^{-1}$	L^{-1}	$LT^{-2}\varepsilon_0$	AWb^{-1}	$4\pi\times10^{-9}$ Adkt/Mx	$4\pi\times10^{-9}$Bi/Mx	36×10^{11}Fr²/ergs²	g R_m	30
புகுமியம்	Λ	Λ = ϕ÷Im	$L^{2}MT^{-2}I^{-2}$	$L\mu_0$	L	$L^{-1}T^{2}\varepsilon_0^{-1}$	H	$10^{9}/4\pi$Adkt/cm	$10^{9}/4\pi$Mx/Bi	$10^{-11}/36\pi$ ergs²/Fr²	g Λ	31
காந்தவாக்கம்	M	M = m÷V	$L^{-1}I$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}T^{-2}\varepsilon_0^{\frac12}$	Am^{-1}	10^{-3}A dkt/cm	10^{-3}Oe(Bit/cm	3×10^{7}Frt/cm	g M	32
காந்த ஏற்புத்திறன் (உட்படு இயன்மை)	X_m	X_m = M÷H	I	I	I	I					X_m	33
காந்த இருமுனைச்சுழலம்	j	j = T+H	$L^{3}MT^{-2}I^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{-\frac12}M^{\frac12}T^{2}\varepsilon_0^{\frac12}$	Wbm	$10^{10}/4\pi$Mxcm	$10^{10}/4\pi$Mxcm	$(1/12\pi)$βwbcm	g j	34
காந்தவச்சுழலம்	m	m = IA	$L^{2}I$	$L^{\frac52}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac52}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}\varepsilon_0^{\frac12}$	Am²	10^{3}Adkt cm²	10^{3}Bitcm² Gbcm²	3×10^{13} Frcm²/s	g m	35
காந்தமுனை	P	P = m÷l	LI	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{\frac12}M^{\frac12}\varepsilon_0^{+2}$	Am	10A dkt cm	10Bicm(dyn)/G	3×10^{11} Frcm/s	g P	36
காந்தவூட்டம்	Q_m	$Q_m = \mu_0 P$	$L^{2}MT^{-2}I^{-1}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}\mu_0^{-\frac12}$	$L^{\frac32}M^{\frac12}T^{-1}$	$L^{-\frac32}M^{\frac12}T\varepsilon_0^{-1}$	Wb	$(10^{8}/4\pi)$Mx	$(10^{8}4\pi)$Mx dyn/Oe	$10^{-2}/12\pi$βWb	g Q_m	37
மின்காந்தத் தூண்டம்	L	$L = Fe\left(\frac{dI}{dt}\right)$	$L^{2}MT^{-2}I^{-2}$	$L\mu_0$	L	$L^{-1}T^{2}\varepsilon_0^{-1}$	H	H	10^{9}αH	$(10^{-11}/9)$βH	g L	12.1.46

| g | கௌசிய [illegible]

14.6.3. வெவ்வேறு அலகுத் திட்டங்களில் சில மின்காந்தச் சமன்பாடுகள்

	SI	cgsm(emu4)	cgse(esu4)	cgs 3
1. கூலும் நெறி	$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1Q_2}{\varepsilon_r r^2}$	$F = \frac{1}{\varepsilon_0} \frac{Q_1Q_2}{\varepsilon_r r^2}$		$F = \frac{Q_1Q_2}{\varepsilon_r r^2}$
2. காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னூட்டத்தின் மீது செயற்படும் விசை			$f = QE$	
3. புலவலிமைக்கும் (E), இடப்பெயர்ச்சி (D)க்கும் உள்ள தொடர்பு	$D = \varepsilon_0 \varepsilon_r E$			$D = \varepsilon_r E$
4. கௌஸ் தேற்றம்	$N_D = \oint D\cos(\hat{D,n}) \times dA = Q$	$N = \oint D \cos(\hat{DN})\, dA = 4\pi Q$		
5. புள்ளி மின்னூட்டத்தின் புலவலிமை	$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{\varepsilon_r r^2}$	$E = \frac{1}{\varepsilon_0} \frac{Q}{\varepsilon_r r^2}$		$E = \frac{Q}{\varepsilon r r^2}$
6. தளக்கொண்மி (தேக்கி)யில் புலவலிமை	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$	$E = \frac{4\pi\sigma'}{\varepsilon_0 \varepsilon r}$		$E = \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon r}$

	SI	cgsm(emu4)	cgse(esu4)	cgs 3
7. உருளைக்கொண்மி (cylindrical capacitor)யில் புலவலிமை (Iகொண்மியின் ஓரலகு நீள மின்னூட்ட அடர்த்தி)	$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_o} \times \frac{\tau}{\varepsilon_r\ r}$	$E = \frac{1}{\varepsilon_0} \frac{2\tau}{\varepsilon_r\ r}$	$E = \frac{2\tau}{\varepsilon r}$	
8. 'இருமுனை' (dipole)யின் அச்சில் புலவலிமை (p—சுழலம், சுருளின் சுழற்கை l <<r)	$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_o} \frac{P}{\varepsilon_r\ r^2}$	$E = \frac{1}{\varepsilon_o} \frac{2p}{\varepsilon_r\ r^2}$	$E = \frac{2P}{\varepsilon r^2}$	
9. இருமுனைச் சுழலம் (dipole moment)		$P = Ql$		
10. ஒரே அச்சின் மீதான இரு முனைகளின் இடைவிசை	$F = \frac{3}{2\pi\varepsilon_o} \frac{P_1P_2}{\varepsilon_r\ r4}$	$F = \frac{6}{\varepsilon_o} \frac{p^1p^2}{\varepsilon r\ r^4}$	$F = \frac{6\ P_1P_2}{\varepsilon r r^4} = \mu X_e E$	
11. மின்கடத்திலி முனைவாக்கம் dielectric polorization		$P = \frac{p}{v} = X_e\ E$		
12. இசைவியன்மை (permittivity)க்கும், மின்கடத்திலி உட்படு இயன்மை (ஏற்புத்திறன் susceptibility)க்கும் உள்ள தொடர்பு	$\varepsilon = \varepsilon_o\varepsilon_r = \varepsilon_o + X_e$	$\varepsilon = \varepsilon_o\varepsilon r = \varepsilon r + 4\pi Xe$		$\varepsilon r = 1 + 4\pi X_e$

13.	புலவலிமைக்கும் அழுத்தத்துக்கும் ஆனதொடர்பு	$E = -\text{grad}\ U$		
14.	புள்ளி மின்னூட்டப் புலத்தின் மின்னழுத்தம்	$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{\varepsilon_r\ r}$	$U = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q}{\varepsilon r\ r}$	$U = \frac{Q}{\varepsilon r\ r}$
15.	உருளைக் கொண்மியின் உள்ளான மின்னழுத்தம் (U_1 — மின்னழுத்தம், R_1 — உள் உருளையின் ஆரம்)	$U = U_1 - Er\ \text{loge}\ \frac{r}{R}$		
16.	கொண்மம் (capacitance), மின்னழுத்தமம் மின்னூட்டம்—இவற்றின் தொடர்பு	$Q = CU$		
17.	தனிப்படுத்தப்பட்ட கோளத்தின் கொண்மம்	$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon rR$	$C = \varepsilon_0\varepsilon r\ R$	$C = \varepsilon r\ R$
18.	தளக்கொண்மியின் கொண்மம்	$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon rA}{l}$	$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon rA}{4\pi l}$	$C = \frac{\varepsilon r\ A}{4\ \pi l}$
19.	உருளைக் கொண்மியின் கொண்மம்	$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon rl}{\text{loge}(R_2/R_1)}$	$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon rl}{2\ \text{loge}(R_2/R_1)}$	$C = \frac{\varepsilon r\ l}{2\text{loge}R_1/R_2}$

	SI	cgsm(emu4)	egse(esu4)	cgs 3
20. இரு இணைக் கடத்திகளின் கொண்மம் (l-நீளம், R-கடத்திகளின் ஆரம்; a-கடத்திகளுக்கு இடையிலான தொடர்பு a > > R)	$C = \frac{\pi \varepsilon_0 \varepsilon r l}{\log e\, a/R}$	$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon r l}{4\pi \log e\, (a/R)}$	$C = \frac{\varepsilon r l}{4\pi \log e\, a/R}$	
21. மின்னூட்ட முற்ற கடத்தியின் ஆற்றல்		$E = \frac{QU}{2} = \frac{U^2 C}{2}$ $= \frac{Q^2}{2C}$		
22. மின்புல ஆற்றலின் பருமடர்த்தி	$u = \frac{ED}{2} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon r E^2}{2}$ $= \frac{D^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon r}$	$u = \frac{ED}{8\pi} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon r E^2}{8\pi}$ $= \frac{D^2}{8\pi\, \varepsilon_0 \varepsilon r}$	$u = \frac{ED}{8\pi} = \frac{\varepsilon r\, E^2}{8\pi}$ $= \frac{D^2}{8\pi\, \varepsilon r}$	
23. கடத்து மின்னோட்டத்தின் வரையறை		$I = \frac{dQ}{dt}$		
24. ஓம் நெறி		$I = \frac{U}{R}$		
25. மின்னோட்டத்தின் திறன்		$P = UI$		

26. காந்தப் புலத்தில் மின்னோட்டக் கூறின் மீதானவிசை (ஆம்பியர் வாய்பாடு)	$dF = \mu_{\circ} \mu r HIdl \times \sin (\hat{H, dl})$	$dF = \mu r\ HI\ dl \times \sin (\hat{H, dl})$	$dF \frac{\mu r}{c} \times HI\ dl \times \sin (\hat{H, dl})$
27. காந்தப்புலத்தில் உள்ள மின்னோட்டச் சுற்றின் மீது செயற்படும் சுழலம்		$M = B\ pm \sin (\hat{B, pm})$	$dF = \mu^{\circ}\ \mu r\ HI\ dl \times \sin (\hat{H, dl})$
28. மின்னோட்டம் உள்ள சுற்றின் காந்தச் சுழலம் (magnetic moment)		$Pm = IA$	$Pm = \frac{1}{c} IA$
29. காந்தப்புலத்தில் மின்னோட்டம் உள்ள சுற்றின் இடப்பெயர்ச்சிக்கான வேலை		$W = I \triangle \psi$	$W = \frac{1}{c} I \triangle \psi$
30. பயாட், சேவர்ட், லேப்லேஸ் நெறி	$H = \frac{1}{4\pi} \times \oint \frac{Idl \sin (\hat{r, dl})}{r^2}$	$H = \oint \frac{I\ dl \sin (\hat{r, dl})}{r^2}$	$H = \frac{1}{c} \times \oint \frac{Idl \sin (\hat{r\ dl})}{r^2}$
31. காந்தப்புல விசைக்கும் தூண்டத்துக்கும் இடையிலான தொடர்பு	$B\ \mu_0 \mu r\ H$	$B = \mu rh \quad B = \mu_{\circ} \mu rH$	$B = \mu rH$

	SI	cgsm(emu4)	cgse(esu4)	cgs 3
32. ஈறற்று நீண்ட நேர்க்கடத்தியின் மின்னோட்டம் உருவாக்கும் புலவலிமை	$H = \frac{I}{2\pi r}$	$H = \frac{2I}{r}$		$H = \frac{1}{c} \times \frac{2I}{r}$
33. மின்னோட்ட (ஆழி) வளைவி (ring) அதன் மையத்தில் உருவாக்கும் புலவலிமை	$H = \frac{I}{2R}$	$H = \frac{2\pi I}{R}$		$H = \frac{1}{c} \times \frac{2\pi I}{r}$
34. நீண்ட நெடுஞ்சுருளின் (long solenoid) அச்சில் ஆன புலவலிமை (N-சுற்றுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை, No - ஓரலகு நீளத்தில் ஆன சுற்றுகள்)	$H = I \frac{N}{l} = I\,No$	$H = 4\pi I \frac{N}{l} = 4\pi I N_o$		$H = \frac{1}{C} 4\pi I N_o$
35. இரு இணை மின்னோட்டங்களின் இடைச்செயல் விசை	$F = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \times \frac{I_1 I_2 l}{r}$	$F = \mu_r \frac{2I_1 I_2 l}{r}$	$F = \mu^\circ \mu_r \frac{2lI_1 I_2 l}{r}$	$F = \frac{\mu_r}{C^2} \frac{2I_1 I_2}{r}$

36. காந்தப்பாயத்துக்கும், காந்தப் பாய அடர்த்திக்கும் (தூண்டலுக்கும்) ஆன தொடர்பு		$d\phi = BdA\cos(\hat{B, n})$		
37. காந்த இயக்கு விசை	$Im = \Sigma I$	$Im = 4\pi \Sigma I$		$Im = \frac{1}{C} 4\pi \Sigma I$
38. காந்தவாக்கம் magnetization		$J = \frac{Pm}{V} = \chi mH$		
39. புக்கியன்மைக்கும் காந்த உட்படு இயன்மைக்கும் இடையிலான தொடர்பு	$\mu r = 1 + \chi m$		$\mu r = 1 + 4\pi \chi m$	
40. மின் சுற்றின் பாயப் பிணைவு (flux linkage) மின்னோட்டம், தூண்டம் இவற்றின் தொடர்பு		$\psi = LI$		$\Psi = \frac{1}{C} LI$
41. நெடுஞ்சுருளின் தூண்டம் [A-நெடுஞ்சுருளின் முகப் பரப்பு; N-சுற்றுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை; No-ஓரலகு நீளத்தில் ஆன சுற்றுகள்]	$L = \mu_0 \mu r \frac{N^2 S}{l} = \mu_0 \mu r N_0^2 V$	$L = 4\pi \mu r \frac{N^2 A}{l} = \mu 4\pi \mu r N_\circ V$	$L = 4\pi \mu_\circ \mu r \frac{N^2 A}{l} = 4\pi \mu_\circ \mu r N_\circ^2 V$	$L = 4\pi \mu r \frac{N^2 A}{l} = 4\pi \mu N_0^2 V$

	SI	cgsm(emu4)	cgse(esu4)	cgs 3
42. இரு-கடத்திக் கம்பி வழியின் தூண்டம்	$L = \mu_0 \frac{1}{\pi} \times \log_e \frac{a}{R}$	$L = 4l \log_e \frac{a}{R}$	$L = 4\mu_0 l \log_e \frac{a}{R}$	$L = 4l \log_e \frac{a}{R}$
43. தூண்ட மின்னியக்கு விசை		$\mathcal{E}i = -\frac{d\psi}{dt}$		$\mathcal{E}i = -\frac{1}{C}\frac{d\psi}{dt}$
44. தன் தூண்டத்தின் மின்னியக்கு விசை		$\mathcal{E}si = -L\frac{dI}{dt}$		$\mathcal{E}si = -\frac{1}{c^2}\frac{dI}{dt}$
45. காந்தப்புல ஆற்றலின் பரும அடர்த்தி	$u/a = \frac{BH}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0\mu_2} = \frac{\mu_0 \mu_r H^2}{2}$	$u = \frac{BH}{8\pi} = \frac{B^2}{\pi\mu_r} = \frac{\mu_r H^2}{8\pi}$	$u = \frac{BH}{8\pi} = \frac{B^2}{8\pi\mu_0\mu_r} = \frac{\mu_0 \mu_r H^2}{8\pi}$	$u = \frac{BH}{8\pi} = \frac{B^2}{8\pi\mu_r} = \frac{\mu_r H^2}{8\pi}$
46. பாயிண்டிங் திசையுளி கதிர்ப்ப ஆற்றல் பாய அடர்த்தி	$S = E \times H$	$S = \frac{1}{4\pi} E \times H$		$S = \frac{e}{4\pi} E \times H$
47. மின்காந்த அலைகளின் கதி (திசைவேகம்)	$V = \frac{1}{\sqrt{\mathcal{E}_0 \mathcal{E}r \mu_0 \mu_r}}$	$V = \frac{1}{\sqrt{\mathcal{E}_0 \mathcal{E}r \mu_r}}$	$V = \frac{1}{\sqrt{\mathcal{E}r \mu_0 \mu_r}}$	$\nu = \frac{e}{\sqrt{\mathcal{E}r \mu_r}}$

48. மேக்சுவல்சமன்பாடுகள்			
1. பேரடே நெறி		$\text{rot } E = -\frac{\sigma B}{\sigma t}$	$\text{rot} E = -\frac{1}{C}\frac{\sigma B}{\sigma t}$
2. மொத்த மின்னோட்ட நெறி(ஆம்பியர் நெறி)	$\text{rot } H = \int + \frac{dD}{dt}$	$\text{rot } H = 4\pi J + \frac{\sigma D}{\sigma t}$	$\text{rot } H = \frac{1}{C} \times (4\pi J + \frac{\sigma D}{\sigma t})$
3. பாயசான் சமன் பாடு (கௌஸ் தேற்றம்)	$\text{div } D = P$	$\text{div } D = 4\pi P$	
4. காந்தத் தூண்டத்துக்கான விசைக்கோடுகளின் தொடர்பு (கௌஸ் தேற்றம்)		$\text{div } \underline{B} = O$	
காந்த நிலைப்பியல் :			
49. காந்தவச் சுழலம்	$m = IA = P \times L$	$m = P \times L$	
50. கூலும் நெறி (P_1, P_2 முனை வலிமைகள்)	$F = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{P_1 P_2}{r^2}$	$F = \frac{P_1 P_2}{r^2}$	

	SI	egsm(emu4)	cgse(esu4)	cgs 3
51. கூலும் நெறி(Q_1, Q_2: காந்த ஊட்டங்கள்)	$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{Q_1Q_2}{r^2}$	$F = \frac{Q_1Q_2}{r^2}$		
52. காந்தமுனைக்குரிய புல வலிமை	$F = BP$	$F = PH = PB$		
53. காந்தத்தின் பாய அடர்த்தி சுழலம் m, தொலைவு r காந்த நீளம் 2l)	$B = \frac{\mu_\circ m}{4\pi r^3}(3Cos^2O+1)$	$B = H = \frac{m}{r^3} 3cos^2O+1$		
1. அச்சுக் கோட்டுப் புள்ளியில் பாய அடர்த்தி	$B = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \times \frac{2mr}{(r+l)^2(r-l)^2}$	$B = H = \frac{2mr}{(r+l)^2(r-l)^2}$		
2. நடுவரைக் கோட்டுப் புள்ளியில் பாய அடர்த்தி	$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{m}{(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}$	$B = H = \frac{m}{(r^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}$		
54. காந்த ஆற்றல் magnetic potential	$Um = \frac{1}{4\pi} \times \frac{m}{r}$ $= \frac{1}{4\pi} \times \frac{m}{r^2} cosO$	$Um = \frac{P}{r}$ $= \frac{m}{r^2cosO}$		

55.	ஒரு கூட்டின் காந்த ஆற்றல் (Potential due to a shell (பாயம்ϕ; கோணம் w)	$Um = \frac{1}{4\pi}\phi\omega$ $W = \phi = \frac{P}{ds}$	$Um = \phi\omega$ $W = 4\pi\phi$
56.	காந்தப்புலத்தில் காந்தத்தின் நிலைப்பாற்றல்	$W = B\ m \cos O$	$W = Hm \cos O$
57.	காந்தத்துண்டின் அலைவு நேரம்	$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{I}{mB+C}}$	$T = 2\Pi\sqrt{\frac{I}{mH+C}}$
58.	காந்தவாக்கச் சமன்பாடு	$Xm\ \mu r-1$	$Xm = \frac{\mu r-1}{4\pi}$

குறிப்பு: அந்தந்தக் கணிசங்கள் அவற்றுக்குரிய அந்தந்த அலகுத்திட்டத்திலேயே அளக்கப்படவேண்டும் குறிப்பாக

S1-இல்	$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$	Fm^{-1}; $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6}\ H\ m^{-1}$
egsm இல்	$\varepsilon_\circ = 1.11 \times 10^{-21}$	$(= 1/C^2)$ $\mu_\circ = 1$
cgseஇல்	$\varepsilon_\circ = 1$	$\mu_\circ = 1.11 \times 10^{-21}$ $(= 1/C^2$

14.7, வெப்பநிலைத் திட்டவரைகள்

அனைத்து நாட்டு நடைமுறை வெப்பநிலை அளவன், 1968. International Practical Temperature Scale, 1968

அழுத்தம் விதந்து கூறப்படாத இடத்தில் கொதிநிலை மற்றும் உறைநிலை யாவும் நிலவளி அழுத்தத்தில் (101 395 Pa எனக் கொள்க.

	t/°c	T/K
தொடக்க ஒப்பீட்டு வெப்ப நிலைகள்		
Primary reference temperatures		
நீரகச் சமநிலை, மும்மைப் புள்ளி	—259. 34	13. 81
equilibrium hydrogen, triple point		
நீரகச் சமநிலை 333 30.6 Nm^{-2} (25 mm Hg)		
அழுத்தத்தில் கொதிநிலை	—256.108	17.042
நீரகச் சமநிலை. கொதிநிலை	—252. 87	20. 28
புதியன் (neon), கொதிநிலை	—246.048	27.102
உயிரகை (oxygen) மும்மைப் புள்ளி	—218.789	54.361
உயிரகை, கொதிநிலை	—182.962	90.188
நீர், மும்மைப் புள்ளி	0.01	273.16
நீர், கொதிநிலை	100.00	373.15
நாகம் (zinc), உறைநிலை	419.58	692.73
வெள்ளி உறைநிலை	961.93	1235.08
தங்கம் உறைநிலை	1064.43	1337.58
பின்வரு ஒப்பீட்டு வெப்ப நிலைகள்		
Secondary reference temperatures		
இயல்பு நீரகம் (normal hydrogen), மும்மைப் புள்ளி	—259.194	13.956
இயல்பு நீரகம், கொதிநிலை	—252.753	20.397
புதியன் (neon) மும்மைப் புள்ளி	—248.595	24.555

	t/°C	T/K
காலகை (nitrogen) முழுமைப் புள்ளி	—210.002	63.148
காலகை கொதிநிலை	—195.802	77.348
கரியிரு உயிரகை (corbon-dioxide) பதங்கநிலை	— 78.476	194.674
இதள் (mercury) உறைநிலை	— 38.862	234.288
நீர் உறைநிலை	0	273. 15
பெனாக்சி பென்சீன் (Phenoxy benzene) மும்மைப் புள்ளி	26.87	300. 02
பென்சாய்க் புளியம் (benzoic acid) மும்மைப் புள்ளி	122.37	395. 52
இந்தியம் (indium) உறைநிலை	156.634	429.784
பிஸ்மத் (bismath) உறைநிலை	271.442	544.592
காட்மியம் (cadinium) உறை நிலை	321.108	594.258
ஈயம், உறைநிலை	317.502	600.652
இதள் (mercury) கொதிநிலை	356. 66	629. 81
சுற்பொறை (sulphur) கொதி நிலை	444.674	717.824
செம்பு—அளமியம் மீக்கிளிர்வப் புள்ளி உறைநிலை copper-aluminium eutectic	548.23	821. 38
ஆன்ட்டிமணி உறைநிலை	630.47	909. 89
அளமியம் (aluminium) உறை நிலை	660.37	933. 52
செம்பு உறைநிலை	1084.5	1357.6
நிக்கல் (nickel) உறைநிலை	1455	1728
கோபால்ட் (cobalt) உறைநிலை	1494	1767
பல்லாடியம் (palladium) உறை நிலை	1554	1827
பிளாட்டினம் (platinum) உறை நிலை	1772	2045
ரோடியம் (rhodium) உறை நிலை	1963	2236
இரிடியம் (iridium) உறைநிலை	2447	2720
டங்ஸ்டன் (tungsten) உறை நிலை	3387	3660

14.8. குறியீடுகள்

14.8.1. அலகுக் குறியீடுகளின் அகரவரிசை

அலகுக் குறியீடு	பெயர்	கணிசம்	அலகுத் திட்டம்	தமிழ்க் குறியீடு*
A	ஆம்பியர் Ampere	மின்னோட்டம்	SI	ஆ
Å	ஆங்ஸ்ட்ராம் Angstrom	ஒளி அலை நீளம்	(cgs)	ஆ̊
a	ஏர் are	பரப்பு	—	ஏர்
amu	அணுநிறை அலகு	(அணு) நிறை	—	அநிஅ
asb	அப்போஸ்டில்வ் apostilb	ஒளிர்வியம் luminance	—	அஸ்
at	தொழில்நுணுக்க நிலவளி technical atmosphere	அழுத்தம்	—	தொநி
atm	படித்தரநிலவளி atmosphere	அழுத்தம்	—	பநி
B	பெல் bel	ஒலிவலிமை மட்டவேறுபாடு	—	பெல்
Bi	பயாட் biot	மின்னோட்டச் செறிவு	cgsBi	ப
b	பார்ன் barn	செயலுறுபரப்பு effective cross section	(cgs)	பான்

bar	பார் bar	அழுத்தம்	(cgs)	பார்
bit	பிற் bit	(கணிப்பான் செய்தி)	—	பிற்
C	கூலும் coulomb	மின்னூட்டம்	SI	கூ
°C	பாகைசெல்சியசு	வெப்பநிலை	cgs (SI)	°செ
C	சென்ட் cent	இசைச்சுர இடைவெளி	—	சென்
Ci	கியூரி curie	கதிரியக்கம்	—	கியூ
cal	கலோரி calorie	வெப்பம்	cgs	க
cd	கேண்டலா candela (காந்திலா)	ஒளிர்வச் செறிவு	SI	கே, கா
cm	சென்டிமீட்டர் centimetre	நீளம்	cgs	செமீ
D	டிபை debye	மூலக்கூற்று இருமுனைச் சுழலம்	—	டி
D	டயாப்டர் dioptre	குவிதிறன்	SI	ட்
d	பக்கல் (நாள்) day	காலயிடை	—	பக்
dB	டெசிபெல் decibel	ஒலிவலிமை மட்ட வேறுபாடு	—	டெபெ
dyn	டைன் dyne	விசை	cgs	டைன்
E	ஐன்ஸ்டீன் einstein	அயனியாக்கக் கதிர்ப்பு	—	ஐ
erg	எர்கு erg (எர்ஃகு)	ஆற்றல்	cgs	எர்ஃ

அலகுக் குறியீடு	பெயர்	கணிசம்	அலகுத் திட்டம்	தமிழ்க் குறியீடு
eV	எலக்ட்ரான் வோல்ட்	ஆற்றல் (அணு)	—	எலவோ
F	பேரட் Farad	கொண்மம் capacitance	SI	பே
°F	பாகை பாரனீற்று	வெப்பநிலை	fps	°பா
Fi	பெர்மி fermi	(அணுக்கரு) நீளம்	(cgs)	பெர்
Fr	பிராங்க்ளின் franklin	மின்னூட்டம்	cgs-Fr	பி
G	கால் gal	ஈர்ப்புமுடுக்கம்	—	கால்
Gb	கில்பர்ட் gilbert	காந்தஇயக்குவிசை	cgsBi	கில்
Gs	கௌஸ் gauss	காந்தப் பாய அடர்த்தி	cgsBi	கௌ
g	கிராம் gram	நிறை	cgs	கி
H	என்ரி henry	தூண்டம் (அ) நிலைமம்	SI	எ
Hz	எர்ட்சு hertz	அதிர்வம்	SI, cgs	எர்
h	மணி hour	காலயிடை	—	ம
hp	குதிரைத்திறன் horsepower	திறன்	(fps)	குதி

J	ஜௌல் joule	வேலை	SI	ஜௌ
k	கெல்வின் kelvin	வெப்பநிலை	SI	கெ
kg	கிலோகிராம் kilogram	நிறை	SI	கிகி
kn	நாட் knot	நீளம் (நாவாய்த்துறை)	—	நாட்
L	லேம்பர்ட் lambert	ஒளிர்வியம் luminance	—	லே
Lz	லென்ஸ் lenz	காந்தப்புலச்செறிவு	mksA	லெ
li	லிட்டர் litre	கொண்மை Capacity	cgs	லி
lm	லூமென் lumen	ஒளிர்வப்பாயம்	SI	லூ
lx	லக்ஸ் lux	ஒளியூட்டம் illumination	SI	ல
Mx	மேக்சுவெல் maxwell	காந்தப்பாயம்	cgs-Bi	மே
m	மீட்டர் metre	நீளம்	SI	மீ
min	நிமையம் minute	காலயிடை	—	நிம்
mmHg	மில்லிமீட்டர் இதள்	அழுத்தம்	—	மிமீஇதள்
mmH_2o	மில்லி மீட்டர் நீர்	அழுத்தம்	—	மிமீநீர்
mol	மோல் mole	பண்டளவு	SI	மோல்
N	நியூட்டன் newton	விசை	SI	நி

அலகுக் குறியீடு	பெயர்	கணிசம்	அலகுத் திட்டம்	தமிழ்க் குறியீடு
Np	நெப்பர் neper	ஒலிவலிமைமட்ட வேறுபாடு	—	நெ
n.mile	நாவாய்மைல் nautical mile	நீளம் (நாவாய்த்துறை)	—	நா.மைல்
nt	நிட் nit	ஒளிர்வியம்	SI	நிட்
Oe	எர்ஸ்டெட் oersted	காந்தப்புலச் செறிவு	cgs	எஸ்
oct	எண்மம் octave	இசைச்சுர இடைவெளி	—	எம்
P	பாய்ஸ் poise	பிசிறியம் viscosity	cgs	பாய்
Pa	பாஸ்கல் pascal	அழுத்தம்	SI	பாஸ்
P	போன் phon	ஒலிமுழக்க மட்ட இடைவெளி	—	போன்
Pc	பார்செக் parsec	நீளம்	—	பாசெ
ph	போட் phot	ஒளியூட்டம் illumination	cgsl	போட்
Pz	பீய்ஸ் pieze	அழுத்தம்	MTS	பீஸ்
q	குவின்ட்டால் quintal	நிறை	—	கு

R,(r)	ராண்ட்சன் roentgen	கதிர்ப்பத்திறப்பு	(cgs)	ரா
Rd	ருதர்போர்டு rutherford	கதிரியக்கம்	—	ரு
Ry	ரிட்பெர்ஃ rydberg	எலக்ட்ரான் மட்ட ஆற்றல்	—	ரி
rad	ரேட் rad	கதிர்ப்பத்திறப்பு	—	ரே
rad	ஆரயன் radian	கோணம்	அனைத்து	ஆர்
S	சீமென் siemens	மின்கடத்துகை	(SI)	சீ
Sav	சேவர்ட் savart	இசைச்சுர இடைவெளி	—	சேவ்
Sb	ஸ்டில்வ் stilb	ஒளிர்வியம்	(cgsl)	ஸ்டி
St	ஸ்டோக்ஸ் stokes	இயக்களவியப் பிசிறம்	cgs	ஸ்டோ
s	நொடி second	காலயிடை	அனைத்து	நொ
sn	ஸ்தேனே sthene	விசை	MTS	ஸ்தெ
sr	திணாரயன் steradian	திண்மக் கோணம்	அனைத்து	தி
T	டெஸ்லா tesla	காந்தத் தூண்டம்	SI	டெ
ton	டன் ton	நிறை	MTS	டன்

அலகுக் குறியீடு	பெயர்	கணிசம்	அலகுத் திட்டம்	தமிழ்க் குறியீடு
tor	டார் tor	அழுத்தம்	—	டார்
torr	டாரி torr	அழுத்தம்	—	டாரி
V	வோல்ட் volt	மின்னழுத்தம்	SI	வோ
W	வாட் watt	திறன்	SI	வா
Wb	வீபர் weber	காந்தப்பாயம்	SI	வீ
XU	X-அலகு x unit	நீளம் (X—கதிர்)	—	X-அ
α	சாரா ab		cgsBi	சாரா
β	நிலை stat		cgsFr	நிலை
γ	காம்மா	நிறை ($=\mu g$)	—	காமா
μ	மைக்ரான்	நீளம்	—	மை
μ_B	போஃர் மேக்னெட்டான்	எலக்ட்ரான் காந்தச்சுழலம்	—	மேனெபோ
μ_n	அணுக்கருமேக்னெட்டான்	அணுக்கருக் காந்தச் சுழலம்	—	மேனெக

Ω	ஓம் ohm	மின்தடை	SI	ஓம்
$\mho, \Omega^{-1}$	மோ mho	மின்கடத்துகை	cgsPr	மோ
$^{\circ}$	பாகை degree	கோணம்	—	
′	கோணநிமையம்	கோணம்	—	,,
″	கோணொடி	கோணம்	—	,,

* குறிப்பு : தமிழ்க் குறியீடு, பட்டியல் நிறைவுக்காகத்தான் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஏனைய எல்லா மொழிகளிலும் குறியீடுகள் அந்தந்த மொழியில்தான் உள்ளன. எனினும் ஆங்கிலக் குறியீடுகளையே பயன் படுத்தல் உகந்தது.

14.8.2. கணிசங்களுக்குப் பரிந்துரைக்கப்பெறும் குறியீடுகள்: Recommended Symbols for Physical Quantities

IUPAP-இன் குறியீடு அலகு பெயரீட்டுக் குழு
SUN-இன் ஆவணம் UIP II SUN 65-3.

குறிப்பு (1) ஒரே கணிசத்துக்கு எதுவும் குறிப்பிடப்படாமல் தரப்பட்டுள்ள பல்வேறு குறியீடுகளும் சமஉரிமையுடையவை.

(2) பொதுவாகக் கணிசத்தின் பெயரில் தனிக் கவனம் செலுத்தப் பெறவில்லை.

(3) கணிசக் குறியீடுகள் சரிவெழுத்தால் (italic) குறிப்பிடப்பட வேண்டும்.

1. வெளி, காலயிடை space and time

வெளி ஆயம்	space coordinates	(x, y, z)
இடத் திசையுளி	Position vector	r
நீளம்	Length	l
அகலம்	Breadth	b
உயரம்	Height	h
ஆரம்	Radius	r
தடிமம்	Thickness	d, δ
விட்டம்	Diameter	d
பாதை	Path	L, s
பரப்பு	Area	**A**, S
பருமம்	Volume	V (v)
தளக் கோணம்	Plane angle	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \nu, \phi$
திண்மக் கோணம்	Solid angle	ω, Ω
அலை நீளம்	Wava length	λ
அலை எண்	wave number	σ
அலைத் திசையுளி	wave vector	σ
வட்ட அலை எண்	Circular wave number	K
வட்ட அலைத் திசையுளி	Circular wave vector	κ
மெலிப்புக் குணகம்	attenuation coefficient	α
கட்டக் குணகம்	Phase coefficient	β
பரப்புக் குணகம்	Propagation coefficient	γ
நேரம்	Time	t

முறைமை	Period	T
அதிர்வம்	Frequency	ν, f
துடிப்பம்	Pulsatance	ω
தளர்வு நேரம்	Relaxation	τ
தடையூட்டக் குணகம்	demping coefficient	s
மடக்கை இறக்கம்	Logarithmic decrament	Λ
கதி (திசைவேகம்)	Velocity	u, ν
கோணகதி	Angular velocity	ω
முடுக்கம்	Acceleration	a
கோண முடுக்கம்	Angular acceleration	α
வீழ்ச்சியின் முடுக்கம்	Acceleration of free fall	g
படித்தர வீழ்ச்சியின் முடுக்கம்	Standard acceleration of free fall	gn
வெற்றிடத்தில் ஒளியின் கதி	Speed of light in empty space	c
சார்பியக் குத்தாயங்கள்	Relativistic coordinates	$(x_0 x_1 x_2 x_3)$
$x_0 = ct, x_1 = x, x_2 = y, x_3 = z, x_4 = ict$		$(x_1 x_2 x_3 x_4)$

2. விசையியல் mechanics

நிறை, பொருண்மை	Mass	m
(நிறை) அடர்த்தி	(Mass) density $\rho = m/v$	ρ
ஒப்படர்த்தி	Relative density d $\rho/\rho_{H\,20}$	d
தனிப் பருமம்	Specific volumc $\nu = V/m = 1/\rho$	ν
குறைப்பித்த பொருண்மை	Reduced mass $\mu = m_1 m_2/(m_1+m_2)$	μ
உந்தம்(இயக்கத்திணிவு)	Momentum $p = m\nu$	p
கோண உந்தம்	Angular momentum $L = \gamma \times p$	L
தளப்பரப்பின் இரண்டாம் சுழலம்	Second moment of plane area	la
தளப்பரப்பின் இரண்டாம் முனைவச் சுழலம் Second polar moment of plane area		lp
சடமைச் சுழலம் Iz $= \int (x^2+y^2)dm$	moment of inertia	I,J
விசை	Force	F
திருக்கம் இரட்டையின் சுழலம்	Torque moment of a couple	T
எடை	weight	G,(wp)
விசையின் சுழலம்	Moment of force	M

அழுத்தம்	Pressure	p
இயல்புத் தகைவு	normalStress	σ
சறுக்குத் தகைவு	Shear Stress	T
ஈர்ப்பு மாறிலி	Gravitational constant	G
ஒப்பு நீட்சி $\varepsilon = \Delta l/l_o$	Linear strain,	ε
நீளக் கிரிபு	Relative elongation	ε
நெகிழ்வுக் குணிதம் $\sigma = E\varepsilon$	Modulus of elasticity	E
எங் குணிதம்	Young's modulus	E
சறுக்குத்திரிபு, சறுக்குக் கோணம்	Shear strain, shear angle	γ
சறுக்குக் குணிதம்	Shears modulu	G
பருமத் திரிபு $\theta = \Delta V/V_o$	Volume strain bulk strain	θ
பருமக் குணிதம் $P = -k\theta$	bulk modulus	K
பாய்சான் தகவு	Poisson ratio	μ ν,
பிசிறம் (பாகியல்)	Viscosity	η (μ)
இயக்க அளவியப் பிசிறம் $\nu = \eta/\rho$	Kinematic viscosity	ν
உராய்வுக் குணகம்	Friction coefficient	μ (f)
பரப்பு இழுவிசை	Surface tension	γ, σ
ஆற்றல்	Energy	E, W
நிலைப்பாற்றல்	Potential energy	Ep, V, ϕ
இயக்க ஆற்றல்	Kinetic energy	E_K, T, K
வேலை	Work	W, A
திறன்	Power	P
இயக்கு திறம்	Efficiency	η
ஹாமில்டன் கோவை	Hamiltonian function	H
லெஃக்ராஞ்சியன் கோவை	Lagrangian function	L
ஹாமில்டனின் முதன்மைக் கோவை	Principal function of Hamiltan	W, S_p
ஹாமில்டனின் பண்பியக் கோவை	Characteristic function of Hamilton	S
பொதுப்பத்த ஆயம்	Generalized coordinate	q, q
பொதுப்பத்த இயக்கத் திணிபு	Generalized momentum	P, P_i
செயற்படு தொகுவன்	Action integral	J

3. மூலக்கூற்றுப் பூதவியல் molecular physics

மூலக்கூற்று எண்ணிக்கை	Number of molecules	N
மூலக்கூற்று எண்ணடர்த்தி	Number density of molecules	n

அவகாட்ரோமாறிலி	Avogadro constant	L, N_A
மூலக் கூற்றுப் பொருண்மை	Molecular mass	m
ஆக்கக் கூற்றுடன் மூலக் கூற்றுக் கதித் திசைவுளி	Molecular velocity vector. with components	$c,(c_x, cy, c_2)$ $u,(u_x, u_y, u_2)$
ஆக்கக் கூறுகளுடன் மூலக் கூற்று இயக்கத் திணிவு திசையுளி	Molecular position vector with components	$\gamma(x,y,z)$
ஆக்கக்கூறுகளுடன் மூலக் கூற்று இயக்கத் திணிவுத் திசையுளி	Molecular mometum vector with components	$P(Px,Py,P_2)$
சராசரிக் கதி	Average speed	$\varsigma_o, \grave{u}_o <c> <u>$
மீ நிகழ் தகவு விரைவு	Most probable speed	$c, u, <c>, (u)$
நடுமதிப்பு——பாதை	Mean free path	l
மூலக் கூற்றுக் கவர்ச்சி யாற்றல்	Molecular attraction energy	ε
மூலக் கூறுகளுக்கிடையில் இடைவினையாற்றல்	Interaction energy between molecular i and j	$\Phi ij, Vij$
கதிப்பரத்தீட்டுக் கோவை	velocity distribution function	$f(c)$
போல்ட்சுமான் கோவை	Boltzmann function	H
பொதுப்பித்த ஆயம்	generalized coordinate	q
பொதுப்பித்த குத்தாயம்	generalized momentum	ρ
y கட்ட வெளியியல் பருமன்	Volume in y phase space	Ω
வெப்பஇயக்க வெப்பநிலை	Thermodynamic temperature	T
போல்ட்சுமான் மாறிலி	Boltzmann constant	k
மோலார் வளிம மாறிலி	Molar gas constant	R
பிரிவினைக் கோவை	partition function	ϕ, Z
ஒப்புமை எண்	symmetry number	s
விரவற் குணகம்	diffusion coefficient	D
வெப்ப விரவற் குணகம்	thermal diffusion coefficient	D_T
வெப்ப விரவத் தகவு	thermal diffusion ratio	K_T
கூற்றெண்	thermal diffusion factor	α_T
பண்பிய வெப்பநிலை	Characteristic temperature	θ

டிபை வெப்பநிலை	Debye temperature	θ_D
ஐன்ஸ்டீன் வெப்பநிலை	Einstein temperature	θ_E
உருள்வ வெப்பநிலை	rotational temperature	θ_r
விதிர்வ வெப்பநிலை	vibrational temperature	θ_v

4. வெப்ப இயக்கவியல் thermodynamics

வெப்பம், வெப்ப அளவு	quantity of heat	Q
வேலை	work	w,A
வெப்ப நிலை	temperature	t,ν
வெப்ப இயக்க வெப்பநிலை	thermody namic temperature	T,θ
எண்ட்ரப்பி	entropy	S
அக ஆற்றல்	internal energy	U
ஹெல்ம்ஹோல்ட்சு கோவை	Helmhoptz function	F
என்தால்பி	enthalpy	H
இப்கோவை	Gibbs function	G
அழுத்தக் குணகம்	pressure coefficient	β
இறுகியன்மை	compressibility	K
நீள்விரிவம்	linear expansivity	α
பரும விரிவம்	cubic expansivity	γ
வெப்பக் கடத்தம்	thermal conductivity	λ
தனி வெப்பக் கொண்மை	specific heat capacity	c_P , c_V
வெப்பக் கொண்மை	heat capacity	C_P , C_V
சௌல், தாம்சன் குணகம்	Joule-Thomson coefficient	μ
தனிவெப்பக் கொண்மைகளின் தகவு	ratio of specific heat capacities	k, T
வெப்பப் பாய்வு மேனி	heat flow rate	ϕ, (q)
வெப்ப ஓட்ட அடர்த்தி	heat current density	q (ψ)
வெப்ப விரவம்	thermal diffusivity	a

5. மின்சாரம், காந்தம் Electricity and Magnetism

மின்சார அளவு	quantity of electricity	Q
மின்னூட்ட அடர்த்தி	charge density	ρ
மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி	surface charge density	σ
மின்னழுத்தம்	electric potential	V,Q
மின்னழுத்த வேறுபாடு	potential difference	U,V
மின்னியக்கு விசை	electromotive force	E
மின்புல வலிமை	electric field strength	E

மின்சாரப் பாயம்	electric flux	Ψ
மின்சார இடப் பெயர்ச்சி	electric displacement	D
கொண்மம்	capacitance	C
இசை வியன்மை	permittivity	ε
வெற்றிடத்தின் இசை வியன்மை	permittivity of vacuum	ε_o
ஒப்பு இசைவியன்மை	relatve permittivitiy	ε_r
மின்கடத்திலி முனை வாக்கம்	dielectric polarization	P
மின்சார உட்படு இயன்மை	electric susceptibitliy	X_e
முனை வாகியன்மை	polarizability	α, ν
மின்சார இருமுனைச் சுழலம்	electric dipolt moment	P
மின்னோட்டம்	electric current	I
மின்னோட்ட அடர்த்தி	electric current density	j
காந்தப் புல வலிமை	magnetic field strength	H
காந்த அழுத்த வேறு பாடு	magnetic potential dif-erence	U_m
காந்த இயக்குவிசை	magnets motive—force	F_m
காந்தத் தூண்டம்	magnetic induction	B
காந்தப் பாய அடர்த்தி	magnetic flux density	B
காந்தப் பாயம்	magnetic flux	Φ
புக்கியன்மை	permeability	μ
வெற்றிடப் புக்கியன்மை	permeability of vacuum	μ_o
ஒப்புப் புக்கியன்மை	relative permeability	μ_r
காத்த வாக்கம்	magnatization	M
காந்த உட்படு இயன்மை	magnatic susceptibility	X_m
மின்காந்தவச் சுழலம்	electromagnetic moment	μ, m
காந்த முனைவாக்கம்	magnetic polarization	J
தடை	resistance	R
தடைக் கூறு	reactance	X
தன்மைக் கூற்றெண்	quality factor	Q
தடையூட்டம்	impedance	Z
ஏற்பம்	admittance	Y
கடத்துகை	conductance	G
ஏற்புத்திறன் (உட்படுமை)	susceptance	B
தடையம்	resistivity	ρ
கடத்தம்	conductivity	ν, σ

தன் தூண்டம்	self inductance	L
பரிமாற்றுத் தூண்டம்	mutual inductance	M, L_{12}
பிணைப்புக் குணகம்	coupling coefficient	k
கட்ட எண்	phase number	m
இழப்புக் கோணம்	loss angle	δ
சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை	number of turns	N
திறன்	power	P
மின்காந்த ஆற்றல் அடர்த்தி	electromagnetic energy density	w
பாயிண்டிங் திசையுளி	Poynting vector	S
காந்தத் திசையுளி அழுத்தம்	magnetic vector potential	A

6. கதிர்ப்பு, ஒளி radiation, light

கதிர்ப்பாற்றல்	radiant energy	$Q, (Q_e)$ W
கதிர்ப்பப்பாயம், கதிர்ப்பத் திறன்	radiant flux, radiant power	$\phi, (\phi_{pe})$
கதிர்ப்பச் செறிவு	radiant intensity	$I (I_e)$
கதிர்ப்பூட்டம்	irradiance	$E (E_e)$
கதிர்ப்பம்	radiance	$L (L_e)$
கதிர்ப்ப உமிழ்வம்	radiant emittance	$M, (M\ )$
ஒளியின் அளவு	quantity of light	$Q, (Q_v)$
ஒளிர்வப் பாயம்	luminous flux	$\phi, (\phi_v)$
ஒளிர்வச் செறிவு	luminous intensity	$I, (I_v)$
ஒளிர்வூட்டம்	illuminance, illumination	E, E_v
ஒளிர்வியம்	luminance	$L, (L\ )$
ஒளிர்வ உமிழ்வம்	luminous emittance	$M, (M_v)$
இஞ்சுகை (உட்கவர்) கூற்றெண்	absorption factor	α
மீட்சிக்கூற்றெண்	reflection factor	ρ
கடத்துக் கூற்றெண்	transmission factor	τ
(நீளவாகு) இஞ்சுகைக் கூற்றெண்	(linear) absorption coefficient	a
(நீளவாகு) மெலிப்புக் கூற்றெண்	(linear) extinction coefficient	μ
வெற்றிடத்தில் ஒளியின் செலவு	speed of light in empty space	c
ஒளி விலக்கெண்	refractive index	n

7. ஒலியியல் acoustics

ஒலியின் கதி	velocity of sound	c
நெடுக்கலைக் கதி	velocity of longitudinal waves	c_l
குறுக்கலைக் கதி	velocity of transversal waves	c_t
குழுக்கதி	group velocity	c_g
ஒலியாற்றற் பாயம்	sound energy flux	P
மீட்சிக் கூற்றெண்	reflection factor	ρ
ஒலி உறிஞ்சுகைக் கூற்றெண்	acoustic absorption factor	α_a (α)
கடத்துக் கூற்றெண்	transmission factor	τ
கசிவக் கூற்றெண்	dissipation factor	s
ஒலி முழக்க மட்டம்	loudness level	L_N (A)

8. குவாண்டம் விசையியல் quantum mechanics

ψ இன் பல்கூட்டு மறுதலை	complex conjugate of ψ	ψ^*
நிகழ்தகவு அடர்த்தி	probability density	P
நிகழ்தகவு மின்னோட்ட அடர்த்தி	probability current density	S
மின்னிகளின் மின்னூட்ட அடர்த்தி	charge density of electrons	ρ
மின்னிகளின் மின்னோட்ட அடர்த்தி	electric current density of electrons	j
A-யின் எதிர்பார்ப்பு மதிப்பு	expectation Value of A	$\langle A \rangle$, $\bar{A}$
A,B-யின் மாற்றி	commutator of A and B	[A,B], [A,B]
A,B-யின் எதிர்மாற்றி	anticommutator of A and B	$[A,B]_+$
மேட்ரிக்ஸ் கூறு	matrix element	A_{ij}

9. அணு, அணுக்கரு இயல் atomic and nuclear physics

பொருண்மை எண், நியூக்ளியான் எண்	mass number, nucleon number	A
அணுவெண், புரோட்டான் எண்	atomic number, proton number	Z

நியூட்ரான் எண்	neutron number	N
(இருப்பிட) அடிப்படை மின்னூட்டம்	elementary charge (of position)	e
மின்னி(எலக்ட்ரான்)நிறை	electron mass	m, m_e
புரோட்டான் நிறை	proton mass	m_p
நியூட்ரான் நிறை	neutron mass	m_n
மீசான் நிறை	meson mass	m_π
அணுக்கரு நிறை	nuclear mass	m_N, $m_N(A_x)$
அணு நிறை	atomic mass	m_a, $m_a(A_x)$
(ஒருங்கியைந்த) அணு நிறை மாறிலி	(unified) atomic mass constant	m_u
ஒப்பு அணு நிறை	relative atomic mass	A_r
பிளாங்க் மாறிலி	Planck constant	h
முதன்மைக் குவாண்ட எண்	Principal quantum number	n
சுற்றுப்பாதைக் கோண உந்தக் குவாண்ட எண்	orbital angular momentum quantum number	L, l_i
தற்சுழற்சிக் குவாண்ட எண்	spin quantum number	S, s_i
கோண உந்தக் குவாண்ட எண்	angular momentum quantum number	J, j_i
காந்தக் குவாண்ட எண்	magnetic quantum number	M, m_i
அணுக்கருத் தற்சுழற்சிக் குவாண்ட எண்	nuclear spin quantum number	I, j
மீநுண் குவாண்ட எண்	hyperfine quantum number	F
உருள்வக் குவாண்ட எண்	rotational quantum number	J, k
விதிர்வக் குவாண்ட எண்	vibrational quantum number	v
நான்முனைச் சுழலம்	quadrupole moment	Q
ரிட்பெர்க் மாறிலி	Rydberg constant	R_α
போஃர் ஆரம்	Bohr radius	a_o

நுண்ணமைப்பு மாறிலி	fine structure constant	α
பொருண்மை மிகுதி	mass excess	Δ
பொதிவுக்கூற்றெண்	packing fraction	f
அணுக்கரு ஆரம்	nuclear radius	R
துகளின் காந்தச் சுழலம்	magnetic moment of particle	μ
புரோட்டானின் காந்தச் சுழலம்	magnetic moment of proton	μ_p
நியூட்ரானின் காந்தச் சுழலம்	magnetic moment of neutron	μ_n
மின்னியின் (எலக்ட்ரானின்) காந்தச் சுழலம்	magnetic moment of electron	μ_e
போஃர் மேக்னெட்டான்	Bohr magneton	μ_B
அணுக்கரு மேக்னெட்டான்	nuclear magneton	μ_N
g-கூறு	g-factor	g
சுழல் காந்தத் தகவு	gyromagnetic ratio	γ
லார்மர் (கோண) அதிர்வம்	Larmor (angular) frequency	ω_L
மட்ட 'வீதி', மட்ட அகலம்	level width	Γ
நடுமதிப்பு வாழ்நாள்	mean life	τ
வாய்ப்பு, குறுக்குப் பரப்பு	cross section	σ
பேரளவு வாய்ப்பு	macroscopic cross section	Σ
மோதுகை வேறி	impact parameter	b
சிதறு கோணம்	scattering angle	ν, θ, Φ
அக மாற்றுக் குணகம்	internal conversion coefficient	α
சிதைவு ஆற்றல்	disintegration energy	Q
வாழ்வரை (வாழ்வரைக்காலம்)	half life (half life period)	$T_{\frac{1}{2}}$
குறைப்பித்த வாழ்வரை		$fT_{\frac{1}{2}}$
சிதைவு மாறிலி, தேய்வு மாறிலி, விடுபாட்டு மாறிலி	decay constant, disintegration constant	λ

செயற்பாடு	activity	A
காம்ப்டன் அலைநீளம்	Compton wavelength	λ_c
மின்னி (எலக்ட்ரான்) ஆரம்	electron radius	r_e
நீளவாகு மெலிப்புக் குணகம்	linear attenuation coefficient	μ, μ_1
அணுவ மெலிப்புக் குணகம்	atomic attenuation coefficient	μ_a
பொருண்மை மெலிப்புக் குணகம்	mass attenuation coefficient	μ_m
நீளவாகு நிறுத்து திறன்	linear stopping power	S, S_1
அணுவ நிறுத்து திறன்	atomic stopping power	S_a
நீளவாகு நெடுக்கம்	linear range	R, R_1
மீள்கூட்டுக் குணகம்	recombination coefficient	α

10. திண்மநிலைப் பூதவியல் solid state physics

'படிகணி'யின் அடிப்படை மாற்றம்	fundamental translations for lattice	a,b,c a_1, a_2, a_3,
மில்லர் குறியீடுகள்	Miller indices	h,k,l h_1, h_2, h_3
படிகணியில் தளம்	plane in lattice	(h,k,l) (h_1, h_2, h_3)
படிகணியில் திசை	direction in lattice	(h,k,l) (h_1, h_2, h_3)
தலைகீழ்ப் படிகணியில் அடிப்படை மாற்றங்கள்	fundamental translations in reciprocal lattice	a*,b*,c* b_1, b_2, b_3
படிகணியில் திசையுளி	vector in crystal lattice	r
அடுத்தடுத்த படிகணித் தளங்களுக்கு இடையிலான தொலைவு	distance between successive lattice planes	d
பிராஃ கோணம்	Bragg angle	θ, ν
	order of reflexion	n
குறுநெடுக்கவகை வேறி	short range order parameter	σ
பெருநெடுக்கவகை வேறி	long range order parameter	s

பர்கெர்ஸ் திசையுளி	Burgers vector	b
வட்டவடிவ அலைத்திசை யுளி, (போனான்) பரப்புத் திசையுளி,	circular wave vector propagation vector (of phonons)	q
வட்டவடிவ அலைத் திசையுளி, (துகள்களின்) பரப்புத் திசையுளி	circular wave vector, propagation vector (of particles)	k
மின்னியின் (எலக்ட் ரானின்) செயற்படுநிறை	effective mass of electron	m^* m_{eff}
பெர்மி ஆற்றல்	Fermi energy	E_F, E_F
பெர்மி வட்டவடிவ அலைத் திசையுளி	Fermi circular wave vector	k_F
வேலை நிகழ்வு	work function	Φ
பகு வெப்பமின் திறன்	differential thermo electric power	s, (Σ)
பெல்ட்டியர் குணகம்	peltier coefficient	π
தாம்சன் குணகம்	Thomson coefficient	μ
அழுத்தமின் குணகம்	piezo electric coefficient	d_{ma}
பண்பிய (வீய்ஸ்) வெப்பநிலை	characteristic (weiss) temperature	θ, θ_w
கியூரி வெப்ப நிலை	Curie temperature	T_C
நீயெல் வெப்பநிலை	Neel temperature	T_N
ஹால் குணகம்	Hall coefficient	R_H

11. மூலக்கூற்று அலைநிரல் இயல் molecular spectroscopy

ஒத்த அச்சின் வழியிலான மின்னிச் சுற்றுப்பாதைக் கோண உந்தத் திசை யுளிக் கூறின் குவாண்ட எண்	quantum number of component of electronic orbital angular momentum vector along symmetry axis	Λ, λ_i
ஒத்த அச்சின் வழியிலான மின்னியத் தற் சுழற்சிக் கூறின்குவாண்ட எண்	quantum number of component of electronic spin along symmetry axis	Σ, σ_i

ஒத்த அச்சின் வழியிலான மொத்த மின்னியிய கோண உந்தத் திசையுளியின் குவாண்ட எண்	qu.n.of total electronic angular momentum vector along symmetry axis	Ω, ω
மின்னியியத் தற்சுழற்சிக் குவாண்ட எண்	qu.n of electronic spin	S
அணுக்கருத்தற் சுழற்சிக் குவாண்ட எண்	qu.n. of nuclear spin	I
விதிர்வ வகையின் குவாண்ட எண்	qu.n.of vibrational mode	v
விதிர்வ வகையின் இழிபு	degeneracy of vibrational mode	d
விதிர்வக்கோண உந்தத்தின் குவாண்ட எண்	qu.n. of vibrational angular momentum	l
மொத்தக் கோணஉந்தத்தின் குவாண்ட எண் (அணுக்கருச் சுழற்சி தவிர்த்தது)	qu.n.of total angular momentum	J
புறப்புலத்திசையில் J ஆக்கக்கூறின் குவாண்ட எண்	qu.n. of component of J in direction of external field	M, M_J
புறப்புலத்திசையில் S ஆக்கக் கூறின் குவாண்ட எண்	qu.n. of component of S in direction of external field	M_S
(அணுக்கருச்சுழற்சி உள்ளிட்ட) மொத்தக் கோண உந்தத்தின் குவாண்ட எண்	qu.n.of total angular momentum (including nuclear spin)	F
புறப்புலத்திசையில் F ஆக்கக்கூறின் குவாண்ட எண்	qu.n. of component of F in direction of external field	M_F
புறப்புலத்திசையில் I ஆக்கக் கூறின் குவாண்ட எண்	qu. n. of component of I in direction of external field	M_I

(மின்னி அணுக்கருச் சுழற்சி தவிர்த்து) அச்சுவழியிலான கோண உந்த ஆக்கக்கூறின் குவாண்ட எண்	qu.n. of component of angular momentum along axis	K
மொத்தக் கோண உந்தத்தின் குவாண்ட எண்	qu.n. of total angular momentum	N
ஒத்த அச்சுவழியிலான கோணஉந்த ஆக்கக் கூறின் குவாண்ட எண்	qu.n.of component of angular momentum along symmetry axis	P
மின்னியிய (எலக்ட்ரான்) கூறு	electronic term	T_e
விதிர்வக்கூறு	Vibrational term	G
(ஈ.மூ) விதிர்வக் கூறுக் கோவையின் குணகங்கள்	coefficients in expression for Vibrational term(D.M)	σ_e $x\sigma_e$
(ப.மூ) விதிர்வக்கூறுக் கோவையின் குணகங்கள்		σ_i , $x\sigma_i$
உருள்வக் கூறு	rotational term	F
முதன்மைச் சடைமைச் சுழலம்	principal moments of inertia	I_A , I_B ,I_C
உருள்வ மாறிலிகள்		A, B, C
கோவையின் மொத்தம்	total term	T

குறிப்புகள்

ஈ. மூ = ஈரணுவ மூலக்கூறு D.M = diatomic molecules

ப. மூ = பல்லணுவ மூலக்கூறு P.M = polyatomic molecules

நீ.மூ = நீளவாகு மூலக்கூறு L.M = linear molecules

ஒ.உ. மூ = ஒத்த உச்ச மூலக்கூறுகள் S.T.M = symmetric top molecules

12. இயைபியப் பூதவியல் (அல்லது வேதிய இயற்பியல்) Chemical physics

'பண்டளவு'	amount of substance	γ, n
பண்டத்தின் அல்லது பொருளின் B மோலார் நிறை	molar mass of substance B	M_B
மோலாரிட்டி	molarity ,,	C_B
மோல்பகி (அல்லது) மோல்பகுதி	mole fraction ,,	X_B
பொருண்மைப்பகுதி	mass fraction of ,,	W_B
பருமப் பகுதி	volume fraction of ,,	ψ_B
இயைபிய அழுத்தம்	chemical potential of ,,	μ_B
சார்பிலாச் செயலூக்கம்	absolute activity of ,,	λ_B
ஒப்புச் செயலூக்கம்	relative activity of ,,	a_B
செயலூக்கக் குணகம்	activity coefficients of ,,	γ_B , f_B
	stoichiometric number of	γ_B
செயலூக்கம்	activity of	Z_B
கரைசலின் மோல் தகவு	mole ratio of solution	r
கரைசலின் மோலாலிட்டி	molality of solution	m
ஊடு அழுத்தம்	Osmotic pressure	π
ஊடுக்க குணகம்	Osmotic coefficient	g, ψ
நெருக்கம், உறவு	affinity	A
வினையளவு	extent of reaction	ε
சமனிலை மாறிலி	equilibrium constant	k
அயனியின் ஊட்ட எண்	charge number of ion	Z
பாரடே மாறிலி	Faraday constant	F
அயனி வலிமை	ionic strength	I

14.8.3. கணக்கியற் குறியீடுகள்

1. பொதுவகையான குறியீடுகள் - General symbols

சமம்	equal to	=
சமமில்லை	not equal to	$\neq$

முற்றிலும் சமம்	identically equal to	$\equiv$
ஒத்தது	corresponds to	$\hat{=}$
ஏறத்தாழச் சமம்	approximately equal to	$\approx$
முடிவில் சமம்	asymptotically equal to	$\simeq$
தகவுடையது	proportional to	$\sim \propto$
நெருங்குகிறது	approaches	$\rightarrow$
பெரியது	larger than	$>$
சிறியது	smaller than	$<$
மிகப் பெரியது	much larger than	$>>$
மிகச் சிறியது	much smaller than	$<<$
பெரியது அல்லது சமம்	larger than or equal to	$\geq \geq \geqq$
சிறியது அல்லது சமம்	smaller than or equal to	$\leq \leq \leqq$
கூட்டல்	plus	$+$
கழித்தல்	minus	$-$
கூட்டல் அல்லது கழித்தல்	plus or minus	$\pm$
a,b யால் பெருக்கப்படுகிறது	*a* multiplied by *b*	ab,a.b,a·b,axb
a,b யால் வகுக்கப்படுகிறது	a divided by b	$a/b, \frac{a}{b}, ab^{-1}$
a,n படி உயர்த்தப்படுகிறது	a raised to the power n	a^n
a-யின் எண்மதிப்பு	magnitude of a	$\|a\|$
a-யின் இருபடிமூலம்	square root of a	$\sqrt{a}, \sqrt{a}, a^{\frac{1}{2}}$
a-யின் நடுமதிப்பு	mean value of a	$\bar{a}$ $\langle a \rangle$
கரணிகை P	factorial P	P!
இருபடிக் குணகம்	binomial coefficient	$\binom{n}{p}$
ஈறிலி	infinity	$\propto$

2. எழுத்துக் குறியீடுகள் letter symbols

கணக்கியற் கோவைக் குறியீடுகள் செங்குத்து அச்சில் (roman or upright type) இருக்கவேண்டும்.

	exponential of x	e^x exp. x
இயல் மடக்கையின் அடி	base of natural logarithms	e

a அடியில் x இன் மடக்கை	logarithm of x to the base a	$\log_a x$
x இன் இயல் மடக்கை	natural logarithm of x	ln x
x இன் பொது மடக்கை	common logarithm of x	lg x, log x* $\log_{10} x$
x இன் இரட்டையடி மடக்கை	binary logarithm of x	lbx, $\log_2 x$
கூட்டுமொத்தம்	summation	Σ
பெருக்கம்	product	Π
x இன் உயர்வு	finite increase of x	Δx (**
x இன் வேறுபாடு	variation of x	Sx
x இன் மொத்தப் பகுவன்	total differential of x	dx
x இன் கோவை	function of x	f (x), f (x)
கோவைx-இன் வரம்பு	limit of f (x)	lim f (x)
டிராக்டெல்ட்டா கோவை	Dirac delta function	$\delta(x)$, $\delta(x)$
க்ரோனெக்கர் டெல்ட்டா குறியீடு	Kronecker delta symbol	Sij
ஒற்றைப்படிக் கோவை	unit step function	$\varepsilon(x)$ (f)

* ஐயப்பாடுற்ற இடங்களில் $\log_{10}$ x-ஐப் பயன்படுத்துக.

** கிரேக்கப் பெரிய எழுத்து டெல்ட்டா; முக்கோணமன்று

† $v(t)$ - நேரத்தின் ஒற்றைப் படிக் கோவைக்குப் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

3. முக்கோண அளவியற் கோவைகள் trignometric functions

x இன் நெடுக்கை	sine of x	sin x
x இன் கிடக்கை	cosine of x	cos x
x இன் தொடுக்கை	tangent of x	tan x, tg x
x இன் நிரப்பத் தொடுக்கை	cotangent of x	cot x ctg x
x இன் நிரப்பக் கிடக்கை	secant of x	sec x
x இன் நிரப்ப நெடுக்கை	cosecant of x	cosec x

குறிப்புகள்: (1) தலைகீழ் வட்டச்சார் கோவைகளுக்கு ஆன குறியீடுகள் முறையே arcsin x ($\sin^{-1}x$); arccos x ($\cos^{-1}x$); arctan x ($\tan^{-1}x$)......................................

(2) உப்பர வளையக் கோவை (hyperbolic function)களுக்கு ஆன குறியீடுகள் முறையே sinhx, coshx, tanhx,..........

(3) தலைகீழ் உப்பர வளையக் கோவைகளுக்கான குறியீடுகள் முறையே arsinh x, arcosh x,...............

4. **சிக்கல் கணிசங்கள் complex quantities**

கற்பித அலகு	imaginary unit	i, j
z இன் உண்மைப் பகுதி	real part of z	Re^z, z
z இன் கற்பிதப் பகுதி	imaginary part of z	Imz, z″
z இன் குணிதம்	modulus of z	$\mid z \mid$
	argument of z	arg z, Φ
z இன் மறுதலை	conjugate of z	z* $(\bar{Z})$

5. **முறைமைக் கணிசங்களின் சிறப்பு மதிப்புக்கான குறியீடுகள்** symbols for special values of periodic quantities

	இயல்பான போது		தவிர்க்க முடியாத போது	
உடனடி மதிப்பு instantaneous value	x	x	x	x
நடுமதிப்பு இருமடிமூல மதிப்பு r. m. s. value	X_{eff}	$\bar{X}$	x	X
உச்ச மதிப்பு maximum value	X_m	$\hat{x}$	$X_m, \hat{X}_m$	$\hat{x}, \hat{X}$
சராசரி மதிப்பு average value	X_{av}	$\bar{x}(x)$	X_{av}	$\bar{x}, (x)$

குறிப்புகள் :

(1) இயல்பானபோது ஒரு கணிசத்துக்கு ஒரேயொரு சிறிய எழுத்து அல்லது ஒரேயொரு பெரிய எழுத்து, பயன்பெறும். தவிர்க்கமுடியாதபோது அதே கணிசத்துக்கு இரண்டு எழுத்தும் பயன்படுத்தப்பெறும்.

(2) x இன் தாழ்ந்த மதிப்பை X_{min} ,$\check{X}$ எனக் குறிக்கலாம்.

(3) நடுமதிப்பு இருபடி மூலமதிப்பு $\bar{x}^2 = T^{-1}\int_0^T x(t^2)dt$ என வரையறுக்கப்பெறும்.

(4) சராசரி மதிப்பு $\bar{x} = T^{-1} \int_{0}^{T} x(t)at$ என வரையறுக்கப் பெறும்;

6. திசையுளிக் கால்குலஸ் vector calculus*

சார்பிலா மதிப்பு	absolute value	$\|A\|$, A
பகுனித் திசையுளிப்பான்	differential vector operator	d/d_r, ∇
வாட்டம்	gradient	gradψ, $\nabla\psi$
விரிவம்	divergence	divA, ∇A
குருள்	Curl	curlA, rotA, $\triangle$xA
லேப்லேசியன்	Laplacian	$\Delta\psi$, $\nabla^2\psi$
திலாம்பர்சியன்	Dalembertian	$\Box\psi$.

7. மேட்ரிக்ஸ் கால்குலஸ் matrix calculus

	transpose of matrix	A	$\tilde{A}$
A-யின் பல்கூட்டு மறுதலை	complex conjucate of	A	A^*
A-யின் ஹெர்மிடியன் மறுதலை	Hermitian conjucate of	A	$A_\dagger$

பாலி மேட்ரிக்ஸ்கள் pauli matrices σ

$$\sigma_x = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \sigma_y = \begin{vmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{vmatrix} \sigma_z = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix} \qquad \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z \quad \sigma_1\ \sigma_2\ \sigma_3$$

ஒற்றை மேட்ரிக்ஸ் unit matrix $I = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$ I

டிராக் (4×4) மேட்ரிக்ஸ்கள் Dirac (4×4) matrices

$$\alpha_x \begin{vmatrix} 0 & \sigma_x \\ \sigma_x & 0 \end{vmatrix} \alpha_y = \begin{vmatrix} 0 & \sigma_y \\ \sigma_y & 0 \end{vmatrix} \alpha_z = \begin{vmatrix} 0 & \sigma_z \\ \sigma_z & 0 \end{vmatrix} \qquad \alpha \quad \alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$$

$$\beta = \begin{vmatrix} I & 0 \\ 0 & I \end{vmatrix} \qquad \beta$$

* 6 Calculus = cal + culus
கல்→ cal as in reckoning on abacus
குல், குழவு (dimunitive suffix→culus

14. 9. அலகுகளின் மாற்றுக் கூற்றெண் பட்டியல்கள்
Tables of Conversion Factors for Units

14.9.1.	நீளம்	length	l
2.	பரப்பு	area	A, S
3.	பருமம், கொண்மை	volume, capacity	V,C
4.	தளக்கோணம்	plane angle	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \nu, \psi$
5.	திண்மக்கோணம்	solid angle	ω, Ω
6.	காலயிடை	time intervel	t
7.	திசைவேகம் என்ற கதி	velocity	u, v
8.	முடுக்கம்	acceleration	a
9.	கோணகதி	angular velocity	ω
10.	நிறை (பொருண்மை)	mass	m
11.	நிறை - சில வணிக அலகுகள்	(trade units)	
12.	அடர்த்தி	density	ρ
13.	நீள அடர்த்தி	linear density	
14.	செறிவு	concentration	
15.	விசை	force	F
16.	விசையின் சுழலம்	moment of a force	
17.	வேலை, ஆற்றல், வெப்பம்	work, energy, heat	E,W,A
18.	அழுத்தம்	pressure	p
19.	நீர அழுத்தம்	liquid pressure	P
20.	திறன்	power	P
21.	சடமைச்சுழலம்	moment of inertia	I,J
22.	நெகிழ்வக் குணிதம், சறுக்குக் குணிதம்	elasticity, shear modulus	E,G
23.	குறைப்பித்த அழுத்தம், செறிவு	reduced pressure, concentration	
24.	இயக்கப் பிசிறம்	dynamic viscosity	η
25.	இயக்களவப் பிசிறம்	kinematic viscosity	γ
26.	வெப்பநிலை	temperature	$t, (v)$
27.	தனிவெப்பக் கொண்மை	specific heat capacity	c

28.	வெப்பக் கடத்தம்	thermal conductivity	λ
29.	வெப்பக் கடத்துகை என்ற வெப்ப மாற்றுக் குணகம்		
30.	ஆற்றற் பாய்வுச் செறிவு மேனி (வெப்பம், ஒளியூட்டம்)	intensity of energy flow rate	ϕ, q
31.	கதிர்ப்பக் குணகம்	coefficient of radiation	
32.	ஒளிர்வியம்	luminance	L, (Lν)
14.9.33.	அதிர்வ இடைவெளி	frequency intervel	
34.	மின்னூட்டம்	electric charge	Q, Q
35.	மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி	surface density of charge	σ
36.	மின்னூட்டப் பருமடர்த்தி	volume density of charge	P
37.	மின்னோட்டச் செறிவு	electric current intensity	I
38.	மின்னழுத்தம்,	electric potential	U
39.	மின்தடை	electrical resistance	R
40.	மின்தடையம்	resistivity	P
41.	மின்கடத்துகை	electrical conductance	G
42.	மின்கொண்மம்	capacitance	C
43.	மின்சார இடப்பெயர்ச்சி	electric displacement	D
44.	மின்புலவலிமை	electric Field intensity	E
45.	மின்சார இடப் பெயர்ச்சிப் பாயம்	electric displacement flux	Ψ
46.	காந்தப் பாயம்	magnetic flux	ϕ
47.	காந்தப் பாய அடர்த்தி	magnetic flux density	B
48.	காந்த ஆற்றல், காந்த இயக்கு விசை	magnetic potential, magnetomotive force	Im
49.	காந்தப் புலவலிமை காந்தவாக்கு விசை காந்த ஆற்றல் சரிவம்	magnetic field intensity magnetising force magnetic potential gradient	H
50.	தூண்டம் L, பரிமாற்றுத் தூண்டம்	inductance mutual inductance	M, L_{12}
51.	செயலுறு பரப்பு	effective cross section	σ
52.	மின்சார இயலில் SI மாற்றுக்கூற்றெண்கள்		
53.	அனைத்து அலகு மாற்றக் கூற்றெண் பட்டியல்	SI-இன் பிற அலகு மதிப்பு	
54.	,,	பிற அலகுகளின் SI மதிப்பு	

1. நீளம் length	l	மீட்டர்	சென்டி மீட்டர்	அங்குலம்	அடி	கஜம்	கோல்	தொடரி	படைசால்	பிரிமைல்	நாவாய் மைல்	
1 மீட்டர்	m =	1	10^2	39.37	3.281	1.093	0.1988	4.971×10^{-2}	4.971×10^{-3}	6.214×10^{-4}	5.40×10^{-4}	m
1 சென்டி மீட்டர்	cm =	10^{-2}	1	0.3937	3.281×10^{-2}	1.093×10^{-2}	1.988×10^{-3}	4.971×10^{-4}	4.971×10^{-5}	6.214×10^{-6}	5.40×10^{-6}	cm
1 அங்குலம்	=	2.54×10^{-2}	2.54	1	0.083	2.778×10^{-2}	5.050×10^{-3}	1.263×10^{3}	126.3×10^{-6}	1.578×10^{-5}	1.37×10^{-5}	in
1 அடி	=	0.3048	30.48	12	1	0.3333	0.0606	151.5	1.515×10^{3}	1.894×10^{-4}	1.65×10^{-4}	ft
1 கஜம்	=	0.9144	91.44	36	3	1	0.1818	454.5	4.545×10^{3}	5.682×10^{-4}	4.95×10^{-4}	yd
1 கோல் (rod)	=	5.029	502.9	198	16.5	5.5	1	0.25	2.5×10^{-2}	3.125×10^{-3}	2.715×10^{-3}	rod
1 தொடரி chain	=	20.12	2012	792	66	22	4	1	0.1	1.249×10^{-2}	1.086×10^{-2}	chain
1 படைசால் furlong	=	201.2	2.012×10^{4}	7920	660	220	40	10	1	0.1249	0.1086	far
1 பிரித்தானிய மைல்	=	1609	1.609×10^{5}	6.336×10^{4}	5280	1760	320	80	8	1	0.8690	mile
1 பன்னாட்டு நாவாய் மைல்	=	1852	1.852×10^{5}	7.29×10^{4}	6076	2025	368.2	92.06	9.206	1.151	1	n.mile

1 மைக்ரான் = μm = 10^{-6} மீட்டர்

1 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு Å = 10^{-10} மீட்டர்
1 X—அலகு XU = 10^{-13} மீட்டர்

1 பிரித்தானியக் கஜம் = 0.914 398 41 மீட்டர்
1 அமெரிக்கக் கஜம் = 0.914 401 83 மீட்டர்
1 ஆங்கில நாவாய் மைல் = 6080 அடி = 185 3.18 மீட்டர்
1 லீஃ league = 3n மைல் = 5556 மீட்டர்
1 பாகம் fathom = 1.828 803 6 மீட்டர்

1 வானியல் அலகு = 1.495×10^{11} மீட்டர்
1 ஒளியாண்டு = 9.460×10^{15} மீட்டர்
1 பார்செக் = 3258 ஒளியாண்டு = 3.082×10^{19} மீட்டர்
1 தௌ (thou) = மில் (mill) = 10^{-3} அங்குலம் = 2.54×10^{-5} மீட்டர்

2. பரப்பு *area A, S*		சதுர மீட்டர்	சதுர செமீ	ஏர்	வட்டமில்	சதுர அங்குலம்	சதுர அடி	சதுர கஜம்	ஏக்கர்	சதுர மைல்	சதுர நாவாய் மைல்	
1 சதுர மீட்டர் m²	=	1	10^4	10^{-2}	1.974×10^{9}	1550	10.76	1.196	2.471×10^{-4}	3.861×10^{-7}	2.916×10^{-7}	m²
1 சதுர சென்டி மீட்டர் cm²	=	10^{-4}	1	10^{-6}	1.974×10^{5}	0.1550	1.076×10^{-3}	1.196×10^{-4}	2.471×10^{-8}	3.861×10^{-11}	2.916×10^{-11}	cm²
1 ஏர் a	=	10^2	10^6	1	1.974×10^{11}	1.550×10^{5}	1.076×10^{-3}	119.6	2.471×10^{-2}	3.861×10^{-5}	2.916×10^{-5}	a
1 வட்டமில் Omill	=	5.067×10^{-10}	5.067×10^{-6}	5.067×10^{-12}	1	7.854×10^{-7}	5.454×10^{-9}	6.061×10^{-10}	1.252×10^{-13}	1.956×10^{-16}	1.477×10^{-16}	in²
1 சதுர அங்குலம் in²	=	6.452×10^{-4}	6.452	6.452×10^{-6}	1.273×10^{6}	1	6.944×10^{-3}	7.716×10^{-4}	1.594×10^{-7}	2.491×10^{-10}	1.88×10^{-10}	ft²
1 சதுர அடி ft²	=	9.29×10^{-2}	929	9.29×10^{-4}	1.833×10^{8}	144	1	0.1111	2.296×10^{-5}	3.587×10^{-8}	2.71×10^{-8}	yd²
1 சதுர கஜம் yd²	=	0.8361	8.361×10^{3}	8.361×10^{-3}	1.650×10^{9}	1.296×10^{3}	9	1	2.066×10^{-4}	3.228×10^{-7}	2.439×10^{-7}	acre²
1 ஏக்கர் acre	=	4.047×10^{3}	4.047×10^{7}	40.47	7.987×10^{12}	6.273×10^{6}	4.355×10^{4}	4840	1	1.563×10^{-3}	1.18×10^{-3}	mile²
1 சதுரமைல் mile²	=	2.590×10^{6}	2.590×10^{10}	2.590×10^{4}	5.115×10^{15}	4.015×10^{9}	2.788×10^{7}	3.098×10^{6}	640	1	0.7536	n.mile²
1 சதுர நாவாய் மைல் n.mile²	=	3.43×10^{6}	3.43×10^{10}	3.43×10^{4}	6.772×10^{15}	5.319×10^{9}	3.692×10^{7}	4.102×10^{6}	847.5	1.324	1	. mile

1 ஹெக்டேர் hectare = 100 ஏர் = 10^4 m²
1 மில்லி மீட்டர்² = 10^{-6} m²
1 பார்ன் barn = 10^{-28} m²
1 கிலோமீட்டர்² = 10^6 m²

1 சதுரத்தொடரி (square chain) = 16 சதுரக்கோல் = 484 சதுரகஜம் = 404.686 சதுர மீட்டர்
1 ஏக்கர் = 10 சதுரத் தொடரி
1 [illegible]

3. பருமமும் கொள்ளளவும் volume and capacity V, v

	கனமீட்டர்	க.டெ.மீ (லிட்டர்)	க.செ.மீ மி.லிட்டர்	கனஅங்குலம்	கன அடி	கனகஜம்	பாய்ம அவுன்சு	UK கேலன்	US கேலன்	ஏக்கர்-அடி
1 கனமீட்டர் m^3	= 1	10^3	10^6	6.102×10^4	35.31	1.308	3.520×10^4	220.0	264.2	8.107×10^{-4}
1 கனடெசிமீட்டர் (லிட்டர்)	= 10^{-3}	1	10^3	61.02	3.531×10^{-2}	1.308×10^{-3}	35.20	0.2200	0.2642	8.107×10^{-7}
1 கனசெமீ (மில்லிலிட்டர்)	= 10^{-6}	10^{-3}	1	6.102×10^{-2}	3.531×10^{-5}	1.308×10^{-6}	3.520×10^{-2}	2.200×10^{-4}	2.642×10^{-4}	8.107×10^{-10}
1 கனஅங்குலம்	= 1.639×10^{-5}	1.639×10^{-2}	16.39	1	5.787×10^{-4}	2.143×10^{-5}	0.5767	3.605×10^{-3}	4.329×10^{-3}	1.329×10^{-8}
1 கன அடி	= 2.832×10^{-2}	28.32	2.832×10^4	1728	1	3.704×10^{-2}	996.27	6.229	7.480	2.296×10^{-5}
1 கன கஜம்	= 0.7646	764.6	7.646×10^5	466.6	27	1	2.69×10^4	168.2	202.0	6.198×10^{-4}
1 பாய்மஅவுன்சு	= 2.841×10^{-5}	2.841×10^{-2}	28.41	1.734	1.003×10^{-3}	3.715×10^{-5}	1	6.246×10^{-3}	7.813×10^{-3}	2.303×10^{-8}
1 UK கேலன்	= 4.546×10^{-3}	4.546	4.546×10^3	277.4	0.1605	5.945×10^{-3}	160.0	1	1.201	3.686×10^{-6}
1 US கேலன்	= 3.785×10^{-3}	3.785	3.785×10^3	231.0	0.1337	4.950×10^{-3}	128	0.8327	1	3.069×10^{-6}
1 ஏக்கர் அடி	= 1.233×10^3	1.233×10^6	1.233×10^8	7.526×10^7	4.355×10^4	1.613×10^3	4.343×10^7	2.713×10^5	3.259×10^5	1

1 பழைய லிட்டர் = 1.000 028 கனமீட்டர்
(1 Kg உச்ச அடர்த்தி நீரின் பருமம்)

62°F இல் 10 பவுண்டு நீரின் பருமம் = 1 UK கேலன்
1 US கேலன் = 4 குவார்ட்ஸ் = 8 பின்ட் = 128 பாய்ம அவுன்சு
1 மினிம் (minim) = 3.6122×10^{-3} கன அங்குலம் = 5.9194×10^{-5} லிட்டர்
1 பின்ட் = 4.732×10^{-4} கனமீட்டர்
1 குவார்ட்ஸ் = 9.464×10^{-4} கனமீட்டர்

4. தளக்கோணம் plane angle, $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \nu, \psi$

	ஆரயன்	பாகை	கோணநிமையம்	கோணொடி	சுற்று	செங் கோணம்	படிநிலை	பதினக்கோண நிமையம்	பதினக்கோண நொடி
1 ஆரயன் radian	= 1	57.30	3438	$2\,063\times10^5$	0.1592	0.6364	63.64	6.364×10^3	6.364×10^5
1 பாகை degree	= 1.745×10^{-2}	1	60	3600	2.778×10^{-3}	1.111×10^{-2}	1.111	111.1	1.111×10^4
1 கோணநிமையம் minute	= 2.909×10^{-4}	1.667×10^{-2}	1	60	4.630×10^{-5}	1.852×10^{-4}	1.852×10^{-2}	1.852	185.2
1 கோணொடி second	= 4.848×10^{-6}	2.778×10^{-4}	1.667×10^{-2}	1	7.716×10^{-7}	3.086×10^{-6}	3.086×10^{-4}	3.086×10^{-2}	3.086
1 சுற்று revolution	= 6.283	360	2.16×10^4	1.296×10^6	1	4	400	4×10^4	4×10^6
1 செங்கோணம்	= 1.571	90	5.400×10^3	3.240×10^5	0.25	1	10^2	10^4	10^6
1 படிநிலை grade	= 1.571×10^{-2}	0.9000	54	3.240×10^3	2.5×10^{-3}	10^{-2}	1	10^2	10^4
1c பதினக்கோணநிமையம்	= 1.571×10^{-4}	9×10^{-3}	0.54	32.40	2.5×10^{-5}	10^{-4}	10^{-2}	1	10^2
1 பதினக் கோணநொடி	= 1.571×10^{-6}	9×10^{-5}	5.4×10^{-3}	0.3240	2.5×10^{-7}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	1

1 மில் = 10^{-3} ஆரயன்

5. திண்மக்கோணம் solid angle ω, Ω

		ஸ்டெரேடியன் (திணாரயன்)	கோளம்	செந்திணாரயன்	சதுரப்பாகை
1 திணாரயன் steradian	=	1	7.955×10^{-2}	0.6365	3.279×10^{3}
1 கோளம் sphere	=	12.57	1	8	4.130×10^{4}
1 செந்திணாரயன் right solid angle	=	1.571	0.1250	1	5.160×10^{3}
1 சதுரப்பாகை square degree	=	3.049×10^{-4}	2.421×10^{-5}	1.938×10^{-4}	1

6. காலயிடை time t

	நொடி	நிமையம்	மணி	பக்கல்	கிழமை	ஆண்டு
1 நொடி second	= 1	1.667×10^{-2}	2.778×10^{-4}	1.157×10^{-5}	1.653×10^{-6}	3.169×10^{-8}
1 நிமையம் minute	= 60	1	1.667×10^{-2}	6.944×10^{-4}	9.921×10^{-5}	1.901×10^{-6}
1 மணி hour	= 3600	60	1	4.167×10^{-2}	5.952×10^{-3}	1.141×10^{-4}
1 பக்கல் day	= 8.640×10^{4}	1440	24	1	0.1429	2.738×10^{-3}
1 கிழமை week	= 6.048×10^{5}	1.008×10^{4}	168	7	1	1.915×10^{-2}
1 ஆண்டு year	= 3.156×10^{7}	5.259×10^{5}	8.766×10^{3}	365.2	52.18	1

1 ஆண்டு = 366.24 பூமித் தற்சுழற்சிப் பக்கல் (sidereal day)

1 ஆண்டு = 365.242 192 64 சூரியப் பக்கல் (கி.பி. 2000-இல்)

1 பூமித் தற்சுழற்சிப் பக்கல் = 861 64.090 6 நொடிகள்

7. செலவு, கதி (திசை வேகம்) speed, velocity u,ν

	மீட்டர்/நொடி	மீட்டர்/நிமையம்	செமீ/நொடி	கி மீ/மணி	அடி/நொடி	அடி/நிமையம்	மைல்/மணி	நாட்
1 மீட்டர்/நொடி ms^{-1}	= 1	60	10^2	3.6	3.281	196.9	2.237	1.944
1 மீட்டர்/நிமையம்	= 1.67×10^{-2}	1	1.67	6×10^{-2}	5.469×10^{-2}	3.281	3.728×10^{-2}	3.24×10^{-2}
1 செமீ/நொடி $cm\ s^{-1}$	= 10^{-2}	0.6	1	3.6×10^{-2}	3.281×10^{-2}	1.969	2.237×10^{-2}	1.944×10^{-2}
1 கிலோமீட்டர்/மணி $km\ h^{-1}$	= 0.2778	16.7	27.78	1	0.9113	54.68	0.6214	0.5400
1 அடி/நொடி	= 0.3048	18.29	30.48	1.097	1	60	0.6818	0.5925
1 அடி/நிமையம்	= 5.080×10^{-3}	0.3048	0.5080	1.829×10^{-2}	1.667×10^{-2}	1	1.136×10^{-2}	9.868×10^{-3}
1 மைல்/மணி	= 0.4470	26.82	44.7	1.609	1.467	88	1	0.8689
1 நாட் Knot	= 0.5144	30.9	51.44	1.852	1.688	101.3	1.151	1

1 நாட் = 1 நாவாய் மைல்/மணி

1 (பன்னாட்டு) நாட் 1852 $m\ hr^{-1}$ = 0.5144 $m\ s^{-1}$

1 பிரித்தானிய நாட் = 6080 அடி/மணி = 0.5148 $m\ s^{-1}$ = 1.000 64நாட்

1 மைல்/நிமையம் = 88 அடி/நொடி = 60 மைல்/மணி

8. முடுக்கம் acceleration a

		மீட்டர்/நொடி^{2}	சென்டிமீட்டர்/நொடி^{2}	ஈர்ப்பு முடுக்கம்
1 மீட்டர்/நொடி^{2} ms^{-2}	=	1	100	0.1019
1 செமீ /நொடி^{2} $cm\ s^{-2}$	=	10^{-2}	1	1.019×10^{-3}
1 ஈர்ப்பு முடுக்கம் g	=	9.807	980.7	1

9. கோணகதி (கோணத்திசைவேகம்) angular velocity ω

		ஆரயன்/நொடி	பாகை/நொடி	சுற்று/நொடி	சுற்று/நிமையம்
1 ஆரயன்/நொடி rad s^{-1}	=	1	57.30	0.1592	9.55
1 பாகை/நொடி $^{\circ}s^{-1}$	=	1.745×10^{-2}	1	2.778×10^{-3}	0.1667
1 சுற்று/நொடி (rps)	=	6.283	360	1	60
1 சுற்று/நிமையம் (rpm)	=	0.1047	6	1.667×10^{-2}	1

குறிப்பு : கோணகதிக் கணிசத்தின், பகுதி, காலநொடி, கால நிமையம், மணி என ஏதாவது ஒரே கணிசமாக இருப்பின் தளக்கோணத்துக்கான அட்டவணையையே பயன்படுத்திக்கொள்ளலாம்.

10. நிறை (பொருண்மை) *mass* m

	கிலோகிராம்	கிராம்	பவுண்டு	ஸ்லக்
1 கிலோ கிராம் kg =	1	10^3	2.205	6.852×10^{-2}
1 கிராம் g =	10^{-3}	1	2.205×10^{-3}	6.852×10^{-5}
1 பவுண்டு lb =	0.4536	453.6	1	3.108×10^{-2}
1 ஸ்லக் =	14.59	1.459×10^4	32.17	1
1 மெட்ரிக் ஸ்லக்(டம்) =	9.806	9.806×10^3	21.62	0.6720
1 UK டன் =	1016	1.016×10^6	2240	69.62
1 US டன் =	907.2	9.072×10^5	2000	62.16
1 அணு நிறை அலகு amu =	1.660×10^{-27}	1.660×10^{-24}	3.660×10^{-27}	1.137×10^{-28}
1 அவுன்சு OZ =	2.835×10^{-2}	28.35	6.250×10^{-2}	1.943×10^{-3}

11. நிறை mass ; சில வணிக அலகுகள்

	கிலோகிராம்	தோலா
1 கிலோகிராம் kg	= 1	85.73
1 தோலா	= 1.166×10^{-2}	1
1 சேர்	= 0.9331	80
1 மணங்கு	= 37.32	3200
1 தவசமணி	= 6.480×10^{-5}	5.556×10^{-3}
1 குன்றிமணி	= 2×10^{-4}	1.715×10^{-2}

1 பிரித்தானியப் பவுண்டு = 0.453 592 338kg
1 அமெரிக்கப் பவுண்டு = 0.453 592 427^{-7}kg
1 பன்னாட்டுப் பவுண்டு = 0.453 592 37kg
1 மெட்ரிக் டன் (tonne) = 10^3kg

டம்	UK டன்	US டன்	amu	அவுன்சு
0.1020	9.842×10^{-4}	11.02×10^{-4}	6.024×10^{26}	35.27
1.020×10^{-4}	9.842×10^{-7}	1.102×10^{-6}	6.024×10^{23}	3.527×10^{-2}
4.625×10^{-2}	4.464×10^{-4}	5.000×10^{-4}	2.732×10^{26}	16
1.488	1.436×10^{-2}	1.609×10^{-2}	8.789×10^{27}	514.8
1	9.652×10^{-3}	1.081×10^{-2}	5.907×10^{27}	345.8
103.6	1	1.12	6.121×10^{28}	3.583×10^{4}
92.51	0.8929	1	5.465×10^{28}	3.2×10^{4}
1.693×10^{-28}	1.634×10^{-30}	1.829×10^{-30}	1	5.855×10^{-26}
2.892×10^{-3}	2.790×10^{-5}	3.125×10^{-5}	1.708×10^{25}	1

சேர்	மணங்கு	தவசமணி	குன்றிமணி
1.072	2.679×10^{-2}	1.543×10^{4}	5000
1.25×10^{-2}	3.125×10^{-4}	180	58.30
1	2.5×10^{-2}	1.440×10^{4}	4.665×10^{3}
40	1	5.744×10^{5}	1.866×10^{5}
6.960×10^{-5}	1.741×10^{-6}	1	0.3240
2.144×10^{-4}	5.299×10^{-6}	3.086	1

1 தோலா = $1.166\ 38\times10^{-2}$ kg

1 தவசமணி = 6.4799×10^{-5} kg

12. அடர்த்தி density ρ

		kg m^{-3}	g cm^{-3}	lb/ft^{-3}	lb/in^3	ஸ்லஃ/அடி^{3}	CWT/கஜம்^{3}
1 கிலோகிராம்/மீட்டர்^{3} kg m^{-3}	=	1	10^{-3}	6.243×10^{-2}	3.613×10^{-5}	1.94×10^{-3}	1.505×10^{-2}
1 கிராம்/செமீ^{3}	=	10^3	1	62.43	3.613×10^{-2}	1.940	15.05
1 பவுண்டு/அடி^{3}	=	16.02	16.02×10^{-2}	1	5.787×10^{-4}	3.108×10^{-2}	0.2411
1 பவுண்டு/அங்குலம்^{3}	=	2.768×10^4	27.68	1.728×10^3	1	53.71	416.6
1 ஸ்லஹ்/அடி^{3}	=	5.154×10^2	0.5154	32.17	1.862×10^{-2}	1	7.756
1 CWT/கஜம்^{3}	=	66.45	6.645×10^{-2}	4.148	2.401×10^{-3}	0.1289	1

13. நீள அடர்த்தி linear density

		kg m^{-1}	g cm^{-1}	lb/yd	lb/ft	lb/in
1 கிலோகிராம்/மீட்டர்	=	1	10	2.012	0.672	5.600×10^{-2}
1 கிராம்/செமீ	=	0.1	1	0.2012	6.72×10^{-2}	5.600×10^{-3}
1 பவுண்டு/கஜம்	=	0.4961	4.961	1	0.3333	2.778×10^{-2}
1 பவுண்டு/அடி	=	1.488	14.88	3	1	8.333×10^{-2}
1 பவுண்டு/அங்குலம்	=	17.86	178.6	36	12	1

14. செறிவு concentration

	கிலோகிராம்/மீட்டர்^{3}	கிலோகிராம்/லிட்டர் கிராம்/செமீ	அவுன்சு/UK கேலன்	தவசமணி/UK கேலன்	தவசமணி/அடி^{3}	பவுண்டு/அடி^{3}
1 கிலோ கிராம்/மீட்டர்^{3}	= 1	10^{-3}	0.1604	70.16	437.0	62.43×10^{-2}
1 கிலோ கிராம்/லிட்டர் 1 கிராம்/செமீ^{3}	= 10^3	1	160.4	7.016×10^4	4.37×10^5	624.3
1 அவுன்சு/UK கேலன்	= 6.236	6.236×10^{-3}	1	437.5	2.725×10^3	0.3893
1 தவசமணி/UK கேலன்	= 1.425×10^{-2}	1.425×10^{-5}	2.286×10^{-3}	1	6.229	8.898×10^{-4}
1 தவசமணி/அடி^{3}	= 2.288×10^{-3}	2.288×10^{-6}	3.670×10^{-4}	0.1605	1	1.429×10^{-4}
1 பவுண்டு/அடி^{3}	= 16.02	16.02×10^{-3}	2.569	1.124×10^3	7000	1

15. விசை force F

		நியூட்டன்	டைன்	பவுண்டல்	பவுண்டு விசை	கிராம் விசை	கிலோகிராம் விசை
1 நியூட்டன் N	=	1	10^{5}	7.233	0.2248	102.0	0.1020
1 டைன் dyn	=	10^{-5}	1	7.233×10^{-5}	2.248×10^{-6}	1.020×10^{-3}	$1,020\times10^{-6}$
1 பவுண்டல்	=	0.1383	1.383×10^{4}	1	3.108×10^{-2}	14.10	1.41×10^{-2}
1 பவுண்டு விசை	=	4.448	4.448×10^{5}	32.17	1	453.6	0.4536
1 கிராம் விசை	=	9.807×10^{-7}	980.7	7.093×10^{-2}	2.205×10^{-3}	1	10^{-3}
1 கிலோகிராம் விசை	=	9.807	9.807×10^{5}	70.93	2.205	10^{3}	1

1 செளல்/சென்டி மீட்டர் = 100 நியூட்டன்

1 கிலோகிராம் விசை = 1 கிலோ கிராம் × g மீட்டர்/நொடி^{2} = 9.807 நியூட்டன்

16. விசையின் சுழலம் அல்லது திருக்கை அல்லது மோதுகை moment of a force or torque or impact

		நியூட்டன் மீட்டர்	டைன் சென்டி-மீட்டர்	கிலோகிராம் விசை மீட்டர்	பவுண்டல் அடி	பவுண்டு விசைஅடி
1 நியூட்டன் மீட்டர் Nm	=	1	10^{7}	0.1020	23.73	0.7376
1 டைன் சென்டி மீட்டர்	=	10^{-7}	1	1.020×10^{-8}	2.373×10^{-6}	7.376×10^{-8}
1 கிலோகிராம் விசை மீட்டர்	=	9.807	9.807×10^{7}	1	232.7	7.233
1 பவுண்டல் அடி	=	4.214×10^{-2}	4.214×10^{5}	4.297×10^{-3}	1	3.108×10^{-2}
1 பவுண்டு விசை அடி	=	1.356	$1,356\times10^{7}$	0.1383	32.17	1

17. ஆற்றல், வேலை, வெப்பம் energy, work, heat E, W, A

		சௌல்	எர்கு	சென்டி மீட்டர்$^{-1}$	கிலோவாட் மணி	கிலோகிராம் விசைமீட்டர்	கலோரி	குதிரைத் திறன் மணி hph	பிரித்தானிய வெப்பஅலகுBtu	அடிபவுண்டு	லிட்டர்-நிலவளி	எலக்ட்ரான் வோல்ட் eV	கிலோகிராம் ஆற்றல்	அணுநிறை ஆற்றல்	
1 சௌல் J	=	1	10^{7}	5.035×10^{22}	2.778×10^{-7}	0.1020	0.2389	3.725×10^{-7}	9.481×10^{-4}	0.7376	9.87×10^{-3}	6.242×10^{18}	1.113×10^{-17}	6.705×10^{9}	J
1 எர்கு erg	=	10^{-7}	1	5.035×10^{15}	2.778×10^{-14}	1.020×10^{-8}	2.389×10^{-8}	3.725×10^{-14}	9.481×10^{-11}	7.376×10^{-8}	9.87×10^{-10}	6.242×10^{11}	1.113×10^{-24}	6.705×10^{2}	erg
1 செமீ$^{-1}$	=	1.986×10^{-23}	1.986×10^{-16}	1	5.517×10^{-30}	2.026×10^{-24}	4.745×10^{-24}	7.396×10^{-30}	1.883×10^{-26}	1.465×10^{-23}	1.967×10^{-25}	1.240×10^{-4}	2.210×10^{-40}	1.332×10^{-13}	cm^{-1}
1 கிலோவாட்மணி kWh	=	3.600×10^{6}	3.600×10^{13}	1.813×10^{29}	1	3.671×10^{5}	8.598×10^{5}	1.341	3.412×10^{3}	2.665×10^{6}	3.55×10^{4}	2.247×10^{25}	4.007×10^{-11}	2.414×10^{11}	kWh
1 கிலோகிராம் விசை மீட்டர் kgfm	=	9.807	9.807×10^{7}	4.936×10^{23}	2.724×10^{-6}	1	2.342	3.653×10^{-6}	9.295×10^{-3}	7.233	9.68×10^{-2}	6.120×10^{19}	1.091×10^{-16}	6.575×10^{10}	kgfm
1 கலோரி cal	=	4.187	4.187×10^{7}	2.108×10^{23}	1.163×10^{-6}	0.4269	1	1.559×10^{-6}	3.968×10^{-3}	3.088	4.13×10^{-2}	2.613×10^{19}	4.659×10^{-17}	2.807×10^{10}	cal
1 குதிரைத் திறன் மணி hph	=	2.684×10^{6}	2.684×10^{13}	1.352×10^{29}	0.7457	2.737×10^{5}	6.412×10^{5}	1	2.544×10^{3}	1.98×10^{6}	2.61×10^{4}	1.675×10^{25}	2.986×10^{-11}	1.800×10^{16}	hph
1 பிரித்தானிய வெப்ப அலகு Btu	=	1.055×10^{3}	1.055×10^{10}	5.312×10^{25}	2.930×10^{-4}	107.6	252	3.929×10^{-4}	1	778.2	0.1006	6.585×10^{21}	1.174×10^{-14}	7.074×10^{12}	Btu
1 அடிபவுண்டு	=	1.356	1.356×10^{7}	6.828×10^{22}	3.766×10^{-7}	0.1383	0.3239	5.050×10^{-7}	1.285×10^{-3}	1	1.342×10^{-2}	8.464×10^{18}	1.507×10^{-17}	9.092×10^{9}	ftlb
1 லிட்டர் நிலவளி	=	101	1.01×10^{9}	5.085×10^{24}	2.81×10^{-5}	10.3	24.2	3.83×10^{-5}	9.939×10^{-2}	74.50	1	6.304×10^{20}	1.124×10^{-15}	6.772×10^{-11}	lit-atm
1 எலக்ட்ரான் வோல்ட் eV	=	1.602×10^{-19}	1.602×10^{-12}	8.066×10^{3}	4.450×10^{-26}	1.634×10^{-20}	3.827×10^{-20}	5.967×10^{-26}	1.519×10^{-22}	1.182×10^{-19}	1.586×10^{-21}	1	1.783×10^{-36}	1.074×10^{-9}	eV
1 கிலோகிராம் ஆற்றல்	=	8.987×10^{16}	8.987×10^{23}	4.525×10^{39}	2.497×10^{10}	9.165×10^{15}	2.147×10^{16}	3.363×10^{10}	8.521×10^{13}	6.692×10^{16}	8.898×10^{14}	5.610×10^{35}	1	6.025×10^{26}	kgE
1 அணுநிறையாற்றல்	=	1.492×10^{-10}	1.492×10^{-3}	7.513×10^{12}	4.145×10^{-17}	1.521×10^{-11}	3.564×10^{-11}	5.556×10^{-17}	1.415×10^{-13}	1.100×10^{-10}	1.477×10^{-12}	9.31×10^{8}	1.660×10^{-27}	1	amuE

		நியூட்டன் மீட்டர்$^{-2}$	டைன் செமீ$^{-2}$	படித்தர நிலவளி	மில்லிபார்	டார்	கிலோகிராம் விசை செமீ$^{-2}$	பவுண்டு விசை அங்குலம்$^{-2}$	பவுண்டு விசை அடி$^{-2}$	டன் விசை அங்குலம்$^{-2}$	டன் விசை அடி$^{-2}$
1 நியூட்டன்/மீட்டர்$^{-2}$ Nm^{-2}	=	1	10	9.869×10^{-6}	10^{-2}	7.501×10^{-3}	1.020×10^{-5}	1.450×10^{-4}	2.089×10^{-2}	6.475×10^{-8}	9.324×10[illegible]
1 டைன் செமீ$^{-2}$ dyn cm^{-2}	=	0.1	1	9.869×10^{-7}	10^{-3}	7.501×10^{-4}	1.020×10^{-6}	1.450×10^{-5}	2.089×10^{-3}	6.475×10^{-9}	9.324×10[illegible]
1 படித்தர நிலவளி	=	1.013×10^{5}	1.013×10^{6}	1	1.013×10^{3}	760	1.033	14.70	2116	6.557×10^{-3}	0.9443
1 மில்லி பார்	=	10^{2}	10^{3}	9.869×10^{-4}	1	0.7501	1.020×10^{-3}	1.450×10^{-2}	2.089	6.475×10^{-6}	9.324×10[illegible]
1 டார்	=	133.3	1.333×10^{3}	1.316×10^{-3}	1.333	1	1.360×10^{-3}	1.934×10^{-2}	2.784	8.632×10^{-6}	1.243×10[illegible]
1 கிலோகிராம் விசை செமீ$^{-2}$	=	9.804×10^{4}	9.804×10^{5}	0.9678	980.7	735.6	1	14.22	2048	6.350×10^{-3}	0.9144
1 பவுண்டு விசை அங்குலம்$^{-2}$	=	6.895×10^{3}	6.895×10^{4}	6.805×10^{-2}	68.95	51.71	7.031×10^{-2}	1	144	4.464×10^{-4}	6.429×10[illegible]
1 பவுண்டு விசை அடி$^{-2}$	=	47.88	478.8	4.725×10^{-4}	0.4788	0.3591	4.882×10^{-4}	6.944×10^{-3}	1	3.099×10^{-6}	4.464×10[illegible]
1 டன் விசை அங்குலம்$^{-2}$	=	1.544×10^{7}	1.544×10^{8}	152.5	1.544×10^{5}	1.159×10^{5}	157.5	2.240×10^{3}	3.226×10^{5}	1	144
1 டன் விசை அடி$^{-2}$	=	1.072×10^{5}	1.072×10^{6}	1.059	1.072×10^{3}	804.5	1.094	15.56	2.240×10^{3}	6.944×10^{-3}	1

1 $Nm^{-2} = 10$ dyn cm^{-2}
1 பார் bar = 100 pz $= 10^{6}$ dyn $cm^{-2} = 10^{5}$ N m^{-2}
1 அழுத்தி (pieze-pz) $= 10^{3}$ N m^{-2}

1 தொழில் நுணுக்க நிலவளி = 1 kgf cm^{-2} = 9.804×10^{4} N m^{-2}
1 kgf m^{-2} ≏ mmநீர் = 10^{-4} kgf cm^{-2} = 9.804 N m^{-2}

19. திறன் Power ρ

		வாட்	எர்கு/நொடி	கிலோகிராம் மீட்டர்/நொடி	கலோரி/நொடி	கிலோகலோரி/மணி	மெட்ரிக் குதிரைத்திறன்	குதிரைத் திறன்	அடிபவுண்டு/நொடி	அடிபவுண்டு/நிமையம்	பிரித்தானிய வெப்பஅலகு/ம[illegible]
1 வாட் W	=	1	10^{7}	0.1020	0.2388	0.860	1.360×10^{-3}	1.341×10^{-3}	0.7376	44.25	3.413
1 எர்கு நொடி$^{-1}$ erg s^{-1}	=	10^{-7}	1	1.020×10^{-8}	2.388×10^{-8}	8.60×10^{-8}	1.360×10^{-10}	1.341×10^{-10}	7.376×10^{-8}	4.425×10^{-6}	3.413×10^{-7}
1 கிலோகிராம் மீட்டர் நொடி$^{-1}$	=	9.807	9.807×10^{7}	1	2.343	8.43	1.33×10^{-2}	1.315×10^{-2}	7.233	434.0	33.47
1 கலோரி நொடி$^{-1}$	=	4.187	4.187×10^{7}	0.4268	1	3.600	5.69×10^{-3}	5.613×10^{-3}	3.087	185.2	14.29
1 கிலோகலோரி மணி$^{-1}$	=	1.16	1.16×10^{7}	0.119	0.278	1	1.582×10^{-3}	1.561×10^{-3}	0.8702	51.48	3.972
1 மெட்ரிக் குதிரைத்திறன்	=	735.5	7.355×10^{9}	75	175.5	632.5	1	0.9863	542.5	3.255×10^{3}	2.511×10^{3}
1 குதிரைத்திறன்	=	745.7	7.457×10^{9}	76.04	178.2	640.6	1.014	1	550	33×10^{3}	2.545
1 அடிபவுண்டு நொடி$^{-1}$	=	1.356	1.356×10^{7}	0.1383	0.3239	0.8702	1.843×10^{-3}	1.818×10^{-3}	1	60	4.628
1 அடி பவுண்டு நிமையம்$^{-1}$	=	2.26×10^{-2}	2.26×10^{5}	2.305×10^{-3}	5.399×10^{-3}	1.943×10^{-2}	3.072×10^{-5}	3.03×10^{-5}	1.607×10^{-2}	1	7.713×10^{-2}
1 பிரித்தானிய வெப்ப அலகு மணி$^{-1}$	=	0.2931	2.931×10^{6}	2.987×10^{-2}	6.999×10^{-2}	0.2518	3.982×10^{-4}	3.929×10^{-4}	0.2161	12.97	1

1 மெட்ரிக் குதிரைத்திறன் — செர்மனியில் PS என்ற சுருக்கக்குறியும் பிரான்சில் CV என்ற சுருக்கக் குறியும் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன.
1 வாட் = cd sr = 1 லூமென் ஒளிர்வுச் செறிவு (luminous intensity) W sr^{-1}

20. நீர அழுத்தம் liquid pressure P

		நியூட்டன் மீட்டர்$^{-2}$	படித்தர நிலவளி	நீர்க்கம்ப அடி	நீர்க்கம்ப மீட்டர்	இதள் (mercury) கம்ப அங்குலம்	இதள் கம்ப மில்லிமீட்டர்
1 நியூட்டன் மீட்டர்$^{-2}$	=	1	9.869×10^{-6}	3.346×10^{-4}	1.020×10^{-4}	2.953×10^{-4}	7.501×10^{-3}
1 படித்தர நிலவளி	=	1.01325×10^{5}	1	33.90	10.33	29.92	760.0
1 நீர்க்கம்ப அடி	=	2.989×10^{3}	2.950×10^{-2}	1	0.3048	0.8827	22.42
1 நீர்க்கம்ப மீட்டர்	=	9.807×10^{3}	9.678×10^{-2}	3.281	1	2.896	73.56
1 இதட் கம்ப அங்குலம்	=	3.386×10^{3}	3.342×10^{-2}	1.133	0.3453	1	25.4
1 இதட் கம்ப மில்லிமீட்டர்	=	133.3	1.316×10^{-3}	4.460×10^{-2}	1.360×10^{-2}	3.937×10^{-2}	1

21. சடமைச் சுழலம் moment of inertia I, J

		கிலோகிராம் மீட்டர்^{2}	கிராம் செமீ^{2}	டம் மீட்டர்^{2}	பவுண்டு அடி^{2}
1 கிலோகிராம் மீட்டர்^{2}	=	1	10^7	0.1020	4.883
1 கிராம் செண்டிமீட்டர்^{2}	=	10^{-7}	1	1.020×10^{-8}	4.883×10^{-7}
1 டம் மீட்டர்^{2}	=	9.806	9.806×10^7	1	47.87
1 பவுண்டு அடி^{2}	=	0.2048	2.048×10^6	2.089×10^{-2}	1

22. நெகிழ்வுக் குணிதம், சறுக்குக் குணிதம், E, G modulus of elasticity and shear

		நியூட்டன்/ மீட்டர்^{2}	டைன்/செமீ^{2}	கிலோகிராம் விசை/மீட்டர்^{2}	கிலோகிராம் விசை/செமீ^{2}	கிராம் விசை/ செமீ^{2}	பவுண்டு விசை/ அடி^{2}
1 நியூட்டன் மீட்டர்$^{-2}$ N m^{-2}	=	1	10	0.1020	1.020×10^{-5}	1.020×10^{-2}	2.088×10^{-2}
1 டைன் செண்டி-மீட்டர்$^{-2}$ dyn cm^{-2}	=	0.1	1	1.020×10^{-2}	1.020×10^{-6}	1.020×10^{-3}	2.088×10^{-3}
1 கிலோகிராம் விசை மீட்டர்$^{-2}$	=	9.806	98.06	1	10^{-4}	0.1	0.2047
1 கிலோகிராம் விசை செமீ$^{-2}$	=	9.806×10^4	9.806×10^5	10^4	1	10^3	2.047×10^3
1 கிராம்விசை செமீ$^{-2}$	=	98.06	980.6	10	10^{-3}	1	2.047
1 பவுண்டுவிசை அடி$^{-2}$	=	47.88	478.8	4.884	4.884×10^{-4}	0.4884	1

23. குறைப்பித்த அழுத்தமும் செறிவும் reduced pressure and concentration

		மீட்டர்$^{-3}$	லிட்டர்$^{-1}$	cm^{-3}	மோல்/லிட்டர் கிலோமோல்/மீட்டர்^{3}
1 நியூட்டன் மீட்டர்$^{-2}$ $N\ m^{-2}$	=	2.66×10^{20}	2.66×10^{17}	2.66×10^{14}	4.42×10^{-7}
1 டைன் சென்டிமீட்டர்$^{-2}$ $dyn\ cm^{-2}$	=	2.66×10^{19}	2.66×10^{16}	2.66×10^{13}	4.42×10^{-8}
1 படித்தர நிலவளி atm	=	2.69×10^{25}	2.69×10^{22}	2.69×10^{19}	4.46×10^{-2}
1 மில்லிமீட்டர் இதள் mm Hg	=	3.54×10^{22}	3.54×10^{19}	3.54×10^{16}	5.87×10^{-5}

24. இயக்கப் பிசிறும் dynamic viscosit η

		$N\ sm^{-2}$	$dyn\ s\ cm^{-2}$	$pdl\ s\ ft^{-2}$	$pdf\ s\ ft^{-2}$
1 நியூட்டன் நொடி மீட்டர்$^{-2}$ (பாய் சூல்) $N\ sm^{-2}$	=	1	10	0.6720	2.088×10^{-2}
1 டைன் நொடி செமீ$^{-2}$ (பாய்சு) $dyn\ s\ cm^{-2}$	=	0.1	1	6.720×10^{-2}	2.088×10^{-3}
1 பவுண்டல் நொடி அடி$^{-2}$	=	1.488	14.88	1	3.108×10^{-2}
1 பவுண்டு விசை நொடி அடி$^{-2}$	=	47.88	478.8	32.17	1

25. இயக்க அளவப் பிசிறும் Kinematic viscosity ν

		மீட்டர்² நொடி⁻¹	செமீ² நொடி⁻¹	அடி² நொடி⁻¹
1 மீட்டர்² நொடி⁻¹ $m^{2}\ s^{-1}$	=	1	1.0^{4}	10.76
1 செமீ² நொடி⁻¹ $cm^{-2}\ s^{-1}$	=	10^{-4}	1	1.076×10^{-3}
1 அடி² நொடி⁻¹ $ft\ s^{-1}$	=	9.290×10^{-2}	929.0	1

26. வெப்பநிலை temperature t, (ν)

	கெல்வின் K	பாகை செல்சியசு °C	பாகை பாரனீற்று °F	பாகை ரேன்கைன் °R
T கெல்வின்	T	$\theta+273.15$	$(\frac{5}{9})(t+459.67)$	$\frac{5}{9}r$
$\theta°$ செல்சியசு	$T-273.15$	θ	$(\frac{5}{9})(t-32)$	$(\frac{5}{9})(t-491.67)$
t° பாரனீற்று	$\frac{9}{5}T-459.67$	$\frac{9}{5}\theta+32$	t	$r-459.67$
r° ரேன்கைன்	$\frac{9}{5}T$	$\frac{9}{5}\theta+491.67$	$t+459.67$	r

குறிப்பு : $(5/9) = 0.5556$; $\log(5/9) = \bar{1}.7448$
$(9/5) = 1.8$; $\log(1.8) = 0.2553$

27. தனிவெப்பக் கொண்மை, ஓரலகு நிறை என்ட்ரபி C, $\frac{S}{m}$

Specific heat capacity, entropy per unit mass

		J kg^{-1} K^{-1}	erg g^{-1} °C^{-1}	Kcal kg^{-1} K^{-1} Cal g^{-1} K^{-1}	J lb^{-1} K^{-1}
1 J Kg^{-1} K^{-1}	=	1	10^4	2.388×10^{-4}	0.4536
1 erg g^{-1} °C^{-1}	=	10^{-4}	1	2.388×10^{-8}	4.536×10^{-5}
1 kcal kg^{-1} K^{-1} / 1 Cal g^{-1} K^{-1}	=	4.186×10^3	4.186×10^7	1	1.899
1 J lb^{-1} K^{-1}	=	2.205	2.205×10^4	5.266×10^{-4}	1

28. வெப்பக் கடத்தும் thermal conductivity λ

	$W\,m^{-1}K^{-1}$	$W\,cm^{-1}{}^{\circ}C^{-1}$	$Cal\,cm^{-1}\,s^{-1}{}^{\circ}C^{-1}$
1 வாட்/மீட்டர் கெல்வின் $W\,m^{-1}\,K^{-1}$ =	1	10^{-2}	2.388×10^{-3}
1 வாட்/செமீ பாகை செல்சியசு $W\,cm\,{}^{\circ}C^{-1}$ =	10^{2}	1	0.2388
1 கலோரி/செமீ நொடி° செல்சியசு =	418.7	4.187	1
1 கிலோ கலோரி/மீட்டர் மணி °செல்சியசு =	1.163	1.163×10^{-2}	2.778×10^{-3}
1 வாட்/அடி °செல்சியசு =	3.281	3.281×10^{-2}	7.836×10^{-3}
1 பிரித்தானிய வெப்ப அலகு/அடி மணி °F =	1.731	1.731×10^{-2}	4.134×10^{-3}
1 பிரி. வெ. அலகு அங்குலம்/அடி² மணி°F =	0.1442	1.442×10^{-3}	3.445×10^{-4}

29. வெப்பக் கடத்துகை (வெப்ப மாற்றுக் குணகம்) G thermal conductance, Heat transfer coefficient

		$W\,m^{-2}\,K^{-1}$	$W\,cm^{-2}\,{}^{\circ}C^{-1}$
1 வாட்/மீட்டர்² கெல்வின் $W\,m^{-2}\,K^{-1}$	=	1	10^{-4}
1 வாட்/செமீ² °செல்சியசு $W\,cm^{-2}\,{}^{\circ}C^{-1}$	=	10^{4}	1
1 கலோரி/செமீ² நொடி °செ $Cal\,cm^{-2}\,s^{-1}\,{}^{\circ}c^{-1}$	=	4.187×10^{4}	4.187
1 கிலோகலோரி/மீட்டர்² மணி °செ $Kcal\,m^{-2}\,h^{-1}\,{}^{\circ}c^{-1}$	=	1.163	1.163×10^{-4}
1 வாட்/அடி² °செல்சியசு $W\,ft^{-2}\,{}^{\circ}c^{-1}$	=	10.76	1.076×10^{-3}
1 பிரித்தானிய வெப்ப அலகு/அடி² மணி °F	=	5.678	5.678×10^{-4}

kcal m^{-1} h^{-1} $°C^{-1}$	W ft^{-1} $°C^{-1}$	Btu ft^{-1} h^{-1} $°F^{-1}$	Btu in ft^{-2} $h^{-1}°F^{-1}$
0.8598	0.3048	0.5778	6.933
85.98	30.48	57.78	693.3
360	127.6	241.9	2.903×10^{3}
1	0.3545	0.6720	8.064
2.821	1	1.896	23.75
1.488	0.5275	1	12
0.1240	4.396×10^{-2}	8.333×10^{-2}	1

Cal cm^{-2} s^{-1} $°C^{-1}$	kcal m^{-2} h^{-1} $°C^{-1}$	W ft^{-2} $°C^{-1}$	Btu ft^{-2} h^{-1} $°F^{-1}$
2.388×10^{-5}	0.8598	9.290×10^{-2}	0.1761
0.2388	8.598×10^{3}	929.0	1.761×10^{3}
1	3.600×10^{4}	3.891×10^{3}	7.373×10^{3}
2.778×10^{-5}	1	0.1080	0.2048
2.570×10^{-4}	9.255	1	1.896
1.356×10^{-4}	4.882	0.5275	1

30. ஆற்றற்பாய்வு மேனிச் செறிவு ϕ, q
intensity of energy flow rate

		W m^{-2}	W cm^{-2}	Cal cm^{-2} s^{-1}
1 வாட்/மீட்டர்² (லஃசு)	=	1	10^{-4}	2.388×10^{-5}
1 வாட்/செமீ² (போட்)	=	10^{4}	1	0.2388
1 கலோரி/செமீ² நொடி	=	4.187×10^{4}	4.187	1
1 கிலோகலோரி/மீட்டர்² மணி	=	1.163	1.163×10^{-4}	2.778×10^{-5}
1 வாட்/அடி² (அடிக் கேண்டில்)	=	10.76	1.076×10^{-3}	2.570×10^{-4}
1 வாட்/அங்குலம்²	=	1.550×10^{3}	0.1550	3.701×10^{-2}
1 Btu/அடி² மணி	=	3.155	3.155×10^{-4}	7.535×10^{-5}

குறிப்பு: வெப்பம், ஒளி முதலான எல்லா ஆற்றற் பாய்வு-மேனிச் செறிவுக்கும் இந்த அட்டவணை பயன் பெறும்.

31. கதிர்ப்பக் குணகம் coefficient of radiation

		W m^{-2} K^{-4}	kcal m^{-2} h^{-1} k^{-4}
1 W m^{-2} K^{-4}	=	1	0.8598
1 kcal m^{-2} h^{-1} K^{-4}	=	1.163	1
1 W ft^{-2} K^{-4}	=	10.76	9.255
1 Btu ft^{-2} h^{-1} R^{-4}	=	33.12	28.47

கரும்பொருளின் கதிர்ப்பக் குணகம் $\sigma = 5.6688 \times 10^{-8}$ W $m^{-2}k^{-4}$
(ஸ்டெபான் போல்ட்சுமான் மாறிலி)

kcal m^{-2} h^{-1}	W ft^{-2}	W in^{-2}	Btu ft^{-2} h^{-1}
0.8598	9.290×10^{-2}	0.6452×10^{-3}	0.3170
8.598×10^{3}	929	6.452	3.170×10^{3}
3.600×10^{4}	3.891×10^{3}	27.02	1.327×10^{4}
1	0.1080	7.503×10^{-3}	0.3687
9.255	1	6.944×10^{-3}	3.412
1.333×10^{3}	144	1	491.3
2.712	0.2931	2.035×10^{-3}	1

1 லக்ஸ் = மீட்டர் காண்டில் = W m^{-2}
1 கேண்டில் = 1 வாட்/திணாரயன்
1 லூமென் = 1 கேண்டலா திணாரயன் = வாட்
1 கேண்டலா = π கேண்டில்

W ft^{-2} k^{-4}	Btu ft^{-2} h^{-1} k^{-4}
9.290×10^{-2}	3.020×10^{-2}
0.1080	3.512×10^{-2}
1	0.3250
3.076	1

32. ஒளிர்வியம் luminance L, (Lv)

		நிட் (nit)	ஸ்டில்வ் (stilb)	கேண்டலா/ அடி^{2}	அப்போஸ்டில்வ் apostilb lm m^{-2}	லேம்பார்ட் lm cm^{-2}	அடிலேம்பார்ட் (சமன அடிக் கேண்டில்)
1 நிட் cd m^{-2}	=	1	10^{-4}	9.29×10^{-2}	π	$\pi\times10^{-4}$	0.292
1 ஸ்டில்வ் cd cm^{-2}	=	10^4	1	929	$\pi\times10^4$	π	2.920×10^3
1 கேண்டலா/அடி^{2}	=	10.76	1.076×10^{-3}	1	33.8	3.38×10^{-3}	π
1 லூமென்/மீட்டர்^{2} (அப்போஸ்டில்வ்)	=	π^{-1}	$\pi^{-1}\times10^{-4}$	2.96×10^{-2}	1	10^{-4}	9.29×10^{-2}
1 லூமென்/செமீ^{2} (லேம்பார்ட்)	=	π^{-1} 10^{-4}	π^{-1}	296	10^4	1	929
1 அடி லேம்பார்ட் (சமன அடிக்காண்டில்)	=	3.43	3.43×10^{-4}	π^{-1}	10.76	1.076×10^{-3}	1

33. அதிர்வ இடைவெளி frequency intervel

		சேவர்ட்	எண்மம்	மில்லி எண்மம்	சென்ட்
1 சேவர்ட்	=	1	3.32×10^{-3}	3.32	3·98
1 எண்மம் (octave)	=	301	1	10^{-3}	1.200×10^3
1 மில்லி எண்மம்	=	0.301	10^{-3}	1	1.2
1 சென்ட்	=	0.251	8.33×10^{-4}	0.833	1

37

34. மின்னூட்டம் electric charge Q

			கூலும்	சாராகூலும்	நிலைக்கூலும் (பிராங்க்ளின்)	ஆம்பியர்மணி	பேரடே
1 கூலும்	C	=	1	0.1	2.998×10^{9}	2.778×10^{-4}	1.036×10^{-5}
1 சாராகூலும்	αC	=	10	1	2.998×10^{10}	2.778×10^{-3}	1.036×10^{-4}
1 நிலைக்கூலும் (பிராங்க்ளின் Fr)	βC	=	3.336×10^{-10}	3.336×10^{-11}	1	9.266×10^{-14}	3.456×10^{-15}
1 ஆம்பியர் மணி	Ah	=	3600	360	1.079×10^{13}	1	3.730×10^{-2}
1 பேரடே	Fd	=	9.649×10^{4}	9649	2.898×10^{14}	26.81	1

1 (பழைய) பன்னாட்டுக் கூலும் = 0.999 85 கூலும் ;
1 பேரடே = 9.6486×10^{7} C kmol^{-1}

35. மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி surface density of charge σ

		கூலும்/ மீட்டர்^{2}	சாராகூலும்/ செமீ^{2}	நிலைக்கூலும்/ செமீ^{2}	ஆம்பியர்மணி/ மீட்டர்^{2}	பேரடே/ மீட்டர்^{2}
1 கூலும்/மீட்டர்^{2} $\mathrm{Cm^{-2}}$	=	1	10^{-5}	2.998×10^{5}	2.778×10^{-4}	1.036×10^{-5}
1 சாராகூலும்/செமீ^{2} $\alpha\mathrm{C\ cm^{-2}}$	=	10^{5}	1	2.998×10^{10}	27.78	1.036
1 நிலைக்கூலும்/செமீ^{2} (பிராங்க்ளின்)$\beta\mathrm{C\ cm^{-2}}$	=	3.336×10^{-6}	3.336×10^{-11}	1	9.268×10^{-10}	3.456×10^{-11}
1 ஆம்பியர்மணி/மீட்டர்^{2} $\mathrm{Ah\ m^{-2}}$	=	3600	3.600×10^{-2}	1.079×10^{9}	1	3.730×10^{-2}
1 பேரடே/மீட்டர்^{2} $\mathrm{Fd\ m^{-2}}$	=	$9{:}649\times10^{4}$	0.9649	2.893×10^{10}	26.81	1

36. மின்னூட்டப் பருமடர்த்தி Volume density of charge ρ

	கூலும்/மீட்டர்^{3}	சாராகூலும்/செமீ^{2}	நிலைக்கூலும்/செமீ^{3}	ஆம்பியர்மணி/மீட்டர்^{3}	பேரடே/மீட்டர்^{3}
1 கூலும்/மீட்டர்^{3} C m^{-3} =	1	10^{-7}	2.998×10^{3}	2.778×10^{-4}	1.036×10^{-5}
1 சாராகூலும்/செமீ^{3} αC cm^{-3} =	10^{7}	1	2.998×10^{10}	2.778×10^{3}	103.6
1 நிலைக்கூலும்/செமீ^{3} (பிராங்க்ளின்)/செமீ^{3} βC cm^{-3} =	3.336×10^{-4}	3.336×10^{-11}	1	9.266×10^{-8}	3.456×10^{-9}
1 ஆம்பியர்மணி/மீட்டர்^{3} Ah m^{-3} =	3600	3.600×10^{4}	1.079×10^{7}	1	3.730×10^{-2}
1 பேரடே/மீட்டர்^{3} Fd m^{-3} =	9.649×10^{4}	9.649×10^{-3}	2.894×10^{8}	26.81	1

37. மின்னோட்டச் செறிவு electric current intensity I

			ஆம்பியர்	சாரா ஆம்பியர் (பயாட்)	நிலைப்பு ஆம்பியர்
1 ஆம்பியர்	A	=	1	0.1	2.998×10^{9}
1 சாரா ஆம்பியர் (பயாட் Bi)	αA	=	10	1	2.998×10^{10}
1 நிலைப்பாம்பியர்	βA	=	3.336×10^{-10}	3.336×10^{-11}	1

1 சாரா ஆம்பியர் αA = 1 பயாட் = 10 ஆம்பியர்
1 (பழைய) பன்னாட்டு ஆம்பியர் = 0.999 85 ஆம்பியர்

38. மின்னழுத்தம், மின்னழுத்த வேறுபாடு U Electric potential, potential difference

			வோல்ட்டு	சாரா வோல்ட்டு	நிலைப்பு வோல்ட்டு
1 வோல்ட்டு	V	=	1	10^{8}	3.336×10^{-3}
1 சாரா வோல்ட்டு	αV	=	10^{-8}	1	3.336×10^{-11}
1 நிலைப்பு வோல்ட்டு	βV	=	2.998×10^{2}	2.998×10^{10}	1

1 (பழைய) பன்னாட்டு வோல்ட்டு = 1.000 34 வோல்ட்டு

39. மின்தடை electrical resistance R

			ஓம்	சாரா ஓம்	நிலைப்பு ஓம்
1 ஓம்	Ohm Ω	=	1	10^{9}	1.113×10^{-12}
1 சாரா ஓம்	$\alpha\Omega$	=	10^{-9}	1	1.113×10^{-21}
1 நிலைப்பு ஓம்	$\beta\Omega$	=	8.987×10^{11}	8.987×10^{20}	1

1 (பழைய) பன்னாட்டு ஓம் = 1.000 49 ஓம்

40. மின்தடையம் resistivity ρ

		ஓம் மீட்டர்	ஓம் செமீ	ஓம் செமீ
1 ஓம் மீட்டர் Ω m	=	1	10^2	10^8
1 ஓம் சென்டிமீட்டர் Ω cm	=	10^{-2}	1	10^6
1 மைக்ரோ ஓம் செமீ $\mu\Omega$ cm	=	10^{-8}	10^{-6}	1
1 ஓம் mm^2/mm Ω mm^2/mm	=	10^{-6}	10^{-4}	10^2
1 சாரா ஓம் செமீ α Ω cm	=	10^{-11}	10^{-9}	10^{-3}
1 நிலைப்பு ஓம் செமீ β Ω cm	=	8.987×10^9	8.987×10^{11}	8.987×10^{17}
1 ஓம் வட்ட 'மில்'/அடி ohm circular mil/ft	=	1.662×10^{-9}	1.662×10^{-7}	0.1662
1 ஓம் அங்குலம் ohm inch	=	2.54×10^{-2}	2.54	2.54×10^6

ஓம் mm^2/mm	சாரா ஓம் செமீ	நிலைப்பு ஓம் செமீ	ஓம் வட்ட மில்/அடி	ஓம் அங்குலம்
10^6	10^{11}	1.113×10^{-10}	6.015×10^{8}	39.37
10^4	10^9	1.113×10^{-12}	6.015×10^{6}	.3937
10^{-2}	10^3	1.113×10^{-18}	6.015	3.937×10^{-7}
1	10^5	1.113×10^{-16}	6.015×10^{2}	3.937×10^{-5}
10^{-5}	1	1.113×10^{-21}	6.015×10^{-3}	3.537×10^{-10}
8.987×10^{-15}	8.987×10^{20}	1	5.046×10^{18}	3.537×10^{11}
1.662×10^{-3}	166.2	1.850×10^{-19}	1	6.546×10^{-8}
2.54×10^{4}	2.54×10^{9}	2.827×10^{-12}	1.528×10^{7}	1

41. மின் கடத்துகை electrical conductance G

		சீமென்	சாரா சீமென்	நிலைப்பு சீமென்
1 சீமென் siemens S	=	1	10^{-9}	8.987×10^{11}
1 'சாரா சீமென்'	=	10^{9}	1	8.987×10^{20}
1 'நிலைப்பு சீமென்'	=	1.113×10^{-12}	1.113×10^{-21}	1

சீமென், மோ (mho ℧) என்றும் வழங்கப்பெறும்.
இவை (GPM-ஆல் ஏற்றுக்கொள்ளப்பெறவில்லை;
சீமென் இனிமேல் ஏற்றுக்கொள்ளப் பெறக்கூடும்.

42. மின்கொண்மம் (தேக்குதிறன்) capacitance C

		பேரட்	மைக்ரோ பேரட்	பிக்கோ பேரட்	சாரா பேரட்	நிலைப்புப் பேரட்
1 பேரட் farad F	=	1	10^{6}	10^{12}	10^{-9}	8.987×10^{11}
1 மைக்ரோ பேரட் μF	=	10^{-6}	1	10^{6}	10^{-15}	8.987×10^{5}
1 பிக்கோ பேரட் pF	=	10^{-12}	10^{-6}	1	10^{-21}	0.8987
1 சாரா பேரட் αF	=	10^{9}	10^{15}	10^{21}	1	8.987×10^{20}
1 நிலைப்புப் பேரட் βF	=	1.113×10^{-12}	1.113×10^{-6}	1.113	1.113×10^{-21}	1

1 (பழைய) பன்னாட்டு பேரட் = 0.999 51 சாரா பேரட்

43. மின்சார இடப்பெயர்ச்சி electric displacement D

		கூலும்/மீட்டர்^{2}	சாரா அலகு	நிலைப்பு அலகு
1 கூலும்/மீட்டர்^{2} $\mathrm{C\ m^{-2}}$	=	1	1.26×10^{-4}	3.774×10^{6}
1 cgs m (emu) சாரா அலகு	=	7.96×10^{9}	1	2.998×10^{10}
1 cgs e (esu) நிலைப்பு அலகு	=	2.65×10^{-7}	3.336×10^{-11}	1

44. மின்புல வலிமை electric field intensity E

		வோல்ட்/மீட்டர்	வோல்ட்/செமீ	சாரா அலகு	நிலைப்பு அலகு
1 வோல்ட்/மீட்டர் $\mathrm{V\ m^{-1}}$	=	1	10^{-2}	10^{6}	3.336×10^{-5}
1 வோல்ட் செமீ $\mathrm{V\ cm^{-1}}$	=	10^{2}	1	10^{8}	3.336×10^{-3}
1 cgs m (emu) சாரா அலகு	=	10^{-6}	10^{-8}	1	3.336×10^{11}
1 cgs e (esu) நிலைப்பு அலகு	=	2.998×10^{4}	299.8	2.998×10^{10}	1

45. மின்சார இடப்பெயர்ச்சிப் பாயம் Ψ electric displacement flux

			கூலும்	சாரா அலகு	நிலைப்பு அலகு
1 கூலும்	C	=	1	1.26	3.774×10^{10}
1 cgs m (emu) சாரா அலகு		=	0.796	1	2.998×10^{10}
1 cgs e (esu) நிலைப்பு அலகு		=	2.65×10^{-11}	3.336×10^{-11}	1

46. காந்தப் பாயம் magnetic flux ϕ

			வீபர்	மேக்சுவெல்	ஆயிரக்கோடு	நிலைப்பு அலகு
1 வீபர்	Wb	=	1	10^{8}	10^{5}	3.335×10^{-3}
1 மேக்சுவெல் (1 பாயக்கோடு)	Mx	=	10^{-8}	1	10^{-3}	3.335×10^{-11}
1 கிலோலைன் (ஆயிரக்கோடு)		=	10^{-5}	10^{3}	1	3.335×10^{-8}
1 நிலைப்பலகு	esu	=	299.8	2.998×10^{10}	2.998×10^{7}	1

48. காந்த அழுத்தம், காந்த இயக்குவிசை *Im* magnetic potential, magnetomotive force

			ஆம்பியர்	சாரா ஆம்பியர்	நிலைப்பு ஆம்பியர்	கில்பர்ட்
1 ஆம்பியர் சுற்று	At	=	1	0.1	3.774×10^{10}	1.257
1 சாரா ஆம்பியர் சுற்று	αAt	=	10	1	3.774×10^{11}	12 57
1 நிலைப்பலகு esu	βAt	=	2.65×10^{-11}	2.65×10^{-12}	1	3.34×10^{-11}
1 கில்பர்ட்	Gb	=	0.7958	7.958×10^{-2}	2.998×10^{10}	1

49. காந்தப்புலவலிமை H, காந்த வாக்கு விசை H, காந்த அழுத்தச் சரிவம்
magnetic field intensity H, magnetising force H, magnetic potential gradient

		ஆம்பியர் சுற்று/மீட்டர்	ஆம்பியர் செமீ	சாராஆம்பியர் செமீ	ஆம்பியர் அங்குலம்	எர்ஸ்டெட்	நிலைப்பு அலகு
1 ஆம்பியர் சுற்று/ மீட்டர் Atm^{-1}	=	1	10^{-2}	10^{-3}	2.540×10^{-2}	1.257×10^{-2}	3.77×10^{8}
1 ஆம்பியர் சுற்று/ செமீ $At\ cm^{-1}$	=	10^{2}	1	0.1	2.540	1.257	3.77×10^{10}
1 சாரா ஆம்பியர் சுற்று/ செமீ	=	10^{3}	10	1	25.40	12.57	3.77×10^{11}
1 ஆம்பியர் சுற்று/ அங்குலம்	=	39.37	0.3937	3.937×10^{-2}	1	0.4927	1.484×10^{10}
1 எர்ஸ்டெட் (கில்பெர்ட்/செமீ)	=	79.58	0.7958	7.958×10^{-2}	2.021	1	2.998×10^{10}
1 நிலைப்பலகு esu	=	2.653×10^{-9}	2.653×10^{-11}	2.653×10^{-12}	6.738×10^{-11}	3.336×10^{-11}	1

	வீபர்/மீட்டர்^{2}	வீபர்/செமீ^{2}	கிலோலைன்/செமீ^{2}	கௌசு (gauss)	மில்லி கௌசு	காம்மா	வீபர்/அங்குலம்^{2}	பாயக்கோடு/அங்குலம்^{2}	(esu) நிலைட் அலகு
பர்/மீட்டர்^{2} (டெஸ்லா T) Wb m^{-2} =	1	10^{-4}	10	10^4	10^7	10^9	6.452×10^{-4}	6.452×10^4	$3.336\times10^{-}$
பர்/சென்டிமீட்டர்^{2} Wb cm^{-2} =	10^4	1	10^5	10^8	10^{11}	10^{13}	6.452	6.452×10^{-8}	$3.336\times10^{-}$
லோலைன்/செமீ^{2} (1 ஆயிரக்கோடு/செமீ^{2}) =	0.1	10^{-5}	1	10^3	10^6	10^8	6.452×10^{-5}	6.452×10^{-3}	$3.336\times10^{-}$
ளசு (பாயக்கோடு/செமீ^{2}) =	10^{-4}	10^{-8}	10^{-3}	1	10^3	10^5	6.452×10^{-8}	6.452	$3.336\times10^{-}$
லிகௌசு =	10^{-7}	10^{-11}	10^{-6}	10^{-3}	1	10^2	6.452×10^{-11}	6.452×10^{-3}	$3.336\times10^{-}$
ம்மா =	10^{-9}	10^{-13}	10^{-8}	10^{-5}	10^{-2}	1	6.452×10^{-13}	6.452×10^{-5}	$3.336\times10^{-}$
பர்/அங்குலம்^{2} =	1.550×10^3	0.1550	1.550×10^4	1.550×10^7	1.550×10^{10}	1.550×10^{12}	1	10^8	$5.170\times10^{-}$
யக்கோடு/அங்குலம்^{2} =	1.550×10^{-5}	1.550×10^{-9}	1.550×10^{-4}	0.1550	155.0	1.550×10^4	10^{-8}	1	$5.170\times10^{-}$
நிலைப்பு அலகு =	2.998×10^6	299.8	2.998×10^7	2.998×10^{10}	2.998×10^{13}	2.998×10^{15}	1.934×10^3	1.935×10^{11}	1

50. தூண்டம் L, பரிமாற்றுத் தூண்டம் M, L_{12} inductance L, mutual inductance M, L_{12}

			என்றி	மில்லி என்றி	சாரா என்றி	நிலைப்பு என்றி
1 என்றி henry	H	=	1	10^{3}	10^{9}	1.113×10^{-12}
1 மில்லி என்றி	mH	=	10^{-3}	1	10^{6}	1.113×10^{-15}
1 சாரா என்றி	αH	=	10^{-9}	10^{-6}	1	1.113×10^{-21}
1 நிலைப்பு என்றி	βH	=	8.987×10^{11}	8.987×10^{14}	8.987×10^{20}	1

1 (பழைய) பன்னாட்டு என்றி = 1.000 49 என்றி

51. செயலுறு பரப்பு effective cross section σ

		மீட்டர்^{2}	செமீ^{2}	பார்ன்	a_o^2	πa_o^2	$\frac{cm^2}{cm^3}$mm இதள்
1 மீட்டர்^{2}	=	1	10^{4}	10^{28}	3.57×10^{20}	1.15×10^{20}	3.54×10^{20}
1 செமீ^{2}	=	10^{-4}	1	10^{24}	3.57×10^{16}	1.15×10^{16}	3.54×10^{16}
1 பார்ன்	=	10^{-28}	10^{-24}	1	3.57×10^{-8}	1.15×10^{-8}	3.54×10^{-8}
a_o^2	=	2.80×10^{-21}	2.80×10^{17}	2.80×10^{7}	1	0.318	0.991
πa_o^2	=	8.80×10^{-21}	8.80×10^{-17}	8.80×10^{7}	3.14	1	3.11
1 $\frac{cm^2}{cm^3}$ mm இதள்	=	2.83×10^{-21}	2.83×10^{-21}	2.83×10^{7}	1.01	0.321	1

14.9.52. மின்சார இயலில் SI மாற்றுக்கூற்றெண்கள்

குறிப்பு: பிறதிட்ட (துல்லியமிக்கவை) அலகின் எண்மதிப்பை மாற்றுக்கூற்றெண்ணால் பெருக்கினால் SI அலகின் எண்மதிப்பு கிடைக்கும்.

குறியீட்டு விளக்கம்: α — சார்பிலா அலகு absolute (emu) unit
β — நிலைப்பு அலகு electrostatic (esu) unit
g — கௌசிய அலகு Gaussian unit
Pr — நடைமுறை அலகு practical unit
$C = 2.997\ 925 \times 10^{8}$ m s^{-1}

	கணிசம் quantity	அலகுத் திட்டம்	அலகு	மாற்றுக் கூற்றெண்	SI அலகு
1.	மின்னூட்டம் Q	β, g	βC	$\times(1/10c)$	= C = As
	(electric charge)	α	αC	$\times 10$	= C
2.	மின்னூட்டப் பரப்படர்த்தி σ	β, g	$\beta C/cm^2$	$10^3/c$	C m^{-2}
	(Surface charge density)	α	$\alpha C/cm^2$	10^5	C m^{-2}
3.	மின்னூட்டப் பருமடர்த்தி ρ	β, g	$\beta C/cm^3$	$10^5/c$	C m^{-3}
	(volume density of charge)	α	$\alpha C/cm^3$	10^7	C m^{-3}
4.	மின்புலவலிமை E	β, g	டைன்/βC	$c/10^4$	V m^{-1}
	electric field intensity	α	டைன்/αC	10^{-5}	V m^{-1}
		Pr	V/cm	10^2	V m^{-1}

கணிசம் quantity	அலகுத் திட்டம்	அலகு	மாற்றுக் கூற்றெண்	SI அலகு
5. மின்பாயம் Ψ	β, g		$10/4\pi c$	C
electric flux	α		$10/4\pi$	C
6. மின்சார இடப்பெயர்ச்சி D	β, g		$10^3/4\pi c$	C
electric displacement	α		$10^5/4\pi$	C
7. மின்சார மாறிலி ε_0	β, g	1		$F m^{-1}$
electric constant	ab	1		$F m^{-1}$
	Pr	F/cm	10^2	$F m^{-1}$
8. மின்முனைவாக்கம் ρ				
electric polarization	β, g	—	$10^3/c$	$C m^{-2}$
9. மின்சார ஏற்புத்திறன் χe				
electric susceptibility	β, g	பரிமானமில்லை	4π	பரிமானமில்லை
10. மின்னழுத்தம் U	β, g	βV	$(C/10^6)$	V
electric potential	α	αV	10^{-8}	V
	Pr	V	1	V
11. மின்னோட்டச் செறிவு I	β, g	βA	$1/10c$	A
electric current intensity	α	αA	10	A
	Pr	A	1	A

12. மின்னோட்டப் பரப்படர்த்தி j current density	β, g	βA/cm²	$10^3/c$	A m^{-2}
	α	αA/cm²	10^5	A m^{-2}
	Pr	A/cm²	10^4	A m^{-2}
13. மின்சார இருமுனைச் சுழலம் Pe electric dipole moment	β, g	βC cm	$10^3/\varepsilon$	C m
	α	αC cm	10^{-1}	C m
	Pr	C cm	10^{-2}	C m
14. திறன் P Power	β, g	erg/s	10^{-7}	W
	α	erg/s	10^{-7}	W = VA
15. வேலை, ஆற்றல் E, W Work, energy	β, g	erg	10^{-7}	J = Ws
	α	erg	10^{-7}	J = Nm
	Pr	kWh	3.6×10^6	J
16. மின்முனைவாகியன்மை electric polarisability	β, g	cm³	$10/c^2$	A sm² V^{-1}
17. காந்தப்பாயம் ϕ magnetic flux	β	—	$10^{-6}c$	Wb = Vs
	α, g	maxwell	10^{-6}	Wb
18. காந்தப்பாய அடர்த்தி B magnetic flux density	β	—	$10^{-2}c$	Wb m^{-2}
	α, g	கௌசு	10^{-4}	Wb m^{-2}
	Pr	Vs/cm²	10^4	Wb m^{-2}

கணிசம் quantity	அலகுத் திட்டம்	அலகு	மாற்றுக் கூற்றெண்	SI அலகு
19. காந்தப் புலவலிமை H magnetic field intensity	β	—	$10/4\pi c$	A m
	α, g	எர்ஸ்டெட்	$10^3/4\pi$	A m
	Pr	,,	10^2	A m
20. காந்தமாறிலி μ_0 magnetic constant	Pr	H/cm	10^2	H m^{-1}
21. காந்த ஏற்புத்திறன் χ_m magnetic susceptibility	α, g	பரிமானமில்லை	4π	பரிமானமில்லை
22. காந்தமுனைவாகியன்மை magnetic polarizability	α, g	cm^3	$4\pi^2 \times 10^{-6}$	Vsm^{-2} A^{-1}
23. காந்த நீக்கக் கூற்றெண் demagnetising factor	α, β	(பரிமானமில்லை) பரிம	$1/4\pi$	(பரிமானமில்லை)
24. காந்தவ (பரப்பு)ச் சுழலம் m magnetic area moment	α, g	—	c/10	A m^2
25. காந்த இருமுனைச் சுழலம் magnetic dipole moment	α, g	—	10^{-3}	A m^2

26.	காந்தமுனை வலிமை P magnetic pole strength	α, g	—	10^{3}	A m
27.	காந்தவூட்டம் Qm magnetic charge	α, g	—	$4\pi \times 10^{-4}$	Wb = Vs
28.	மின்தடை, R electrical resistance	β, g α	— —	$10^{-5}\ c^{2}$ 10^{-9}	$\Omega = VA^{-1}$ Ω
29.	மின்தடையம் ρ resistivity	β, g α Pr	— — Ω cm	$10^{-7}\ c^{2}$ 10^{-11} 10^{-2}	Ω m Ω m Ω m
30.	மின்கடத்துகை G electrical conductance	β, g α	— —	$10^{-5}/c^{2}$ 10^{9}	S S
31.	மின்கடத்தம் γ conductivity	β, g α Pr	— — ℧ cm	$10^{7}/c^{2}$ 10^{11} 10^{2}	S m^{-1} S m^{-1} S m^{-1}
32.	மின்கொண்மம் C electrical capacitance	β, g α	cm —	$10^{5}/c^{2}$ 10^{9}	F = As V^{-1} F
33.	மின்நிலைமம் (தூண்டம்) L inductance	β α, gn	— cm	$10^{-5}\ c^{2}$ 10^{-9}	H = Vs A^{-1} H

14.9 53. அனைத்து அலகு மாற்றப் பட்டியல் Master Table

குறிப்பு : இந்தப் பட்டியலில் கணிசத்தின் ஓரலகு SI மதிப்புக்கு, பிற அலகுகளின் சமான மதிப்பு தரப்பட்டுள்ளது. முழு விளக்கத்துக்கு அந்தந்தத் தனி அலகு மாற்றப் பட்டியலைக் காண்க.

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு		பிற அலகுகள்			
1.	நீளம் l length	1 மீட்டர்	=	100 சென்டிமீட்டர்	30.37 அங்குலம்	3.281 அடி	1.093 கஜம்
				0.1988 கோல்	4.971×10^{-2} தொடரி	4.971×10^{-3} படைசால்	6.214×10^{-4} பிரி. மைல்
				5.40×10^{-4} நாவாய் மைல்			
2.	பரப்பு A, S area	1 மீட்டர்^{2}	=	10^4 செமீ^{2}	10^{-2} ஏர்	1.974×10^9 வட்டமில்	1550 அங்குலம்^{2}
				10.76 அடி^{2}	1.196 சதுரகஜம்	2.471×10^{-4} ஏக்கர்	$3.861 \times {}^{-}10^{7}$ சதுரமைல்
				2.92×10^{-7} சதுரநாவாய் மைல்			

3.	பருமம், V,(v) volume	1 மீட்டர்^{3}	=	10^3 டெமீ^{3}(லிட்டர்)	10^6 செமீ^{3} (மிலி.)	6.102×10^4 அங்குலம்^{3}	
				35.31 அடி^{3}	1.308 கஜம்^{3}	3.520×10^1 பாய்மஅவுன்சு	
				220.0 UK கேலன்	264.2 US கேலன்	8.107×10^{-4} ஏக்கர்-அடி	
4.	தளக்கோணம் plane angle	1 ஆரயன்	=	57.30 பாகை	3438 கோணநிமையம்	2.063×10^5 கோணொடி	0.1592 சுற்று
				0.6364 செங்கோணம்	63.64 படிநிலை	6.364×10^3 பதினக்கோண நிமையம்	
				6.364×10^5 பதினக்கோண நொடி			
5.	திண்மக்கோணம் solid angle Ω	1 திணாரயன் sr	=	7.955×10^{-2} கோளம்	0.6365 செந்திணாரயன்	3.279×10^3 சதுரப்பாகை	
6.	காலயிடை t time intervel	1 நொடி s	=	1.667×10^{-2} நிமையம்	2.778×10^{-4} மணி	1.157×10^{-5} பக்கல்	
				1.653×10^{-6} கிழமை	3.169×10^{-8} ஆண்டு		

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுகள்			
7.	கதி (திசைவேகம்) velocity u, v	1 மீட்டர்/நொடி m s^{-1} =	60 மீட்டர்/நிமையம்	10^2 செமீ/நொடி	3.6 கிலோமீட்டர்/மணி	
			3.281 அடி/நொடி	196.9 அடி/நிமையம்	2.237 மைல்/மணி	1.944 நாட்
8.	முடுக்கம் a acceleration	1 மீட்டர்/நொடி^{2} = m s^{-2}	10^2 செமீ/நொடி^{2}	0.1019 ஈர்ப்பு முடுக்கம்		
9.	கோணகதி ω angular velocity	1 ஆரயன்/நொடி =	57.30 பாகை/நொடி	0.1592 சுற்று/நொடி	9.55 சுற்று/நிமையம்	
10.	நிறை m mass	1 கிலோகிராம் =	10^3 கிராம்	2.205 பவுண்டு	6.852×10^{-2} ஸ்லஃ	0.1020 டம்
			9.842×10^{-4} UK டன்	11.02×10^{-4} US டன்	6.024×10^{26} அணுநிறை அலகு	35.27 அவுன்சு
11.	இந்திய வணிகநிறை	1 கிலோகிராம் =	85.73 தோலா	1.072 சேர்	2.679×10^{-2} மணங்கு	
			1.543×10^4 தவசமணி	5000 குன்றிமணி		

12.	அடர்த்தி ρ density	1 கிலோகிராம்/ மீட்டர்^{3}	=	10^{-3} g cm^{-3}	6.243×10^{-2} பவுண்டு/அடி^{3}	3.613×10^{-5} பவுண்டு/அங்குலம்^{3}
				1.94×10^{-3} ஸ்லஹ்/அடி^{3}	1.505×10^{-2} CWT/கஜம்^{3}	
13.	நீள அடர்த்தி linear density	1 கிலோகிராம்/ மீட்டர்	=	10 கிராம்/செமீ	2.012 பவுண்டு/கஜம்	0.672 பவுண்டு/அடி
				5.600×10^{-2} பவுண்டு/அங்^{3}		
14.	செறிவு concentration	1 கிலோகிராம்/ மீட்டர்^{3}	=	10^{-3} கிலோகிராம்/ லிட்டர்	10^{-3} கிராம்/செமீ^{3}	0.1604 அவுன்சு/ UK கேலன்
				70.16 கிராம்/UK கேலன்	437.0 கிராம்/அடி^{3}	62.43×10^{-2} பவுண்டு/அடி^{3}
15.	விசை F force	1 நியூட்டன் N	=	10^5 டைன்	7.233 பவுண்டல்	0.2248 பவுண்டு விசை
				102.0 கிராம் விசை	0.1020 கிலோகிராம் விசை	

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுகள்
16.	விசையின் சுழலம் திருக்கம், மோதுகை	1 நியூட்டன் மீட்டர் = N m	10^{7} டைன் செமீ; 0.1020 kgf m; 23.73 பவுண்டல் அடி; 0.7376 பவுண்டு விசை அடி
17.	ஆற்றல், வேலை, வெப்பம் energy, work, heat	1 சௌல் J =	10^{7} எர்கு; 5.035×10^{22} சென்டிமீட்டர்$^{-1}$; 2.778×10^{-7} கிலோவாட் மணி; 0.1020 kgf m; 0.2389 கலோரி; 3.725×10^{-7} hph; 9.481×10^{-4} Btu; 0.7376 அடி பவுண்டு; 9.87×10^{-3} லிட்டர் நிலவளி; 6.242×10^{18} எலக்ட்ரான் வோல்ட்; 1.113×10^{-17} கிலோகிராம் ஆற்றல்; 6.705×10^{9} amu ஆற்றல்
18.	அழுத்தம் ρ pressure	1 நியூட்டன்/ மீட்டர்^{2} N m^{-2} =	10 டைன் செமீ^{2}; 9.869×10^{-6} படித்தர நிலவளி; 10^{-2} மில்லிபார்

எண்	அளவு	அலகு		மதிப்பு		
				7.501×10^{-3} டார்	1.020×10^{-5} Kgf cm^{-2}	1.450×10^{-4} lb ft in^{-2}
				2.089×10^{-2} lbf ft^{-2}	6.425×10^{-8} டன்விசை/அங்^{2}	9.324×10^{-6} டன்விசை/அடி^{2}
19.	நீர அழுத்தம் ρ liquid pressure	1 நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} N m^{-2}	=	9.869×10^{-6} படித்தர நிலவளி	3.346×10^{-4} நீர்க்கம்ப அடி	1.020×10^{-4} நீர்க்கம்ப மீட்டர்
				2.953×10^{-4} இதட்கம்ப அங்குலம்	7.501×10^{-3} இதட்கம்ப மில்லி மீட்டர்	
20.	திறன் power	1 வாட் W	=	10^7 எர்கு/நொடி	0.1020 kg m s^{-1}	0.2388 கலோரி/நொடி
				0.860 கிலோ கலோரி/மணி	1.360×10^{-3} மெட்ரிக் hp	1.341×10^{-3} hp
				0.7376 அடிபவுண்டு/நொடி	44.25 அடிபவுண்டு நிமையம்	3.413 Btu/மணி
21.	சடமைச்சுழலம் moment of inertia	1 கிலோகிராம்/மீட்டர்^{2} kg m^{-2}	=	10^7 கிராம் செமீ^{2}	0.1020 டம் மீட்டர்^{2}	4.883 பவுண்டு அடி^{2}
22.	நெகிழ்வுக் குணிதம் சறுக்குக் குணிதம்	1 நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} N m^{-2}	=	10 டைன்/செமீ^{2}	0.1020 kgf m^{-2}	1.020×10^{-5} kgf cm^{-2}
				1.020×10^{-2} gf cm^{-2}	2.080×10^{-2} lbf ft^{-2}	

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு		பிற அலகுகள்			
23.	குறைப்பித்த அழுத்தம் செறிவு	1 நியூட்டன்/மீட்டர்^{2}	=	2.66×10^{20} மீட்டர்$^{-3}$	2.66×10^{17} லிட்டர்$^{-1}$	2.66×10^{14} செமீ$^{-3}$	
		N m^{-2}		4.42×10^{-7} மோல்/லிட்டர்			
24.	இயக்கப் பிசிறம் dynamic viscosity	1 நியூட்டன் நொடி/மீட்டர்^{2}	=	10 dyn s cm^{-2}	0.6720 பவுண்டல் நொடி/அடி^{2}		
				2.088×10^{-2} பவுண்டுவிசை நொடி/அடி^{2}			
25.	இயக்க அளவப் பிசிறம் Kinematic viscosity	1 மீட்டர்^{2}/நொடி	=	10^4 செமீ^{2}/நொடி	10.76 அடி^{2}/நொடி		
26.	வெப்பநிலை temperature	1 கெல்வின்	=	$0+273.15$ பாகை செல்சியசு	$0.5556\,(t+459.67)$ பாகை பாரனீற்று	$0.5556r$ பாகை ரோமர்	
27.	தனிவெப்பக் கொண்மை c specific heat capacity	1 J kg^{-1} K^{-1}	=	10^4 எர்கு g^{-1} K^{-1}	2.388×10^{-4} kcal kg^{-1} K^{-1}	2.388×10^{-4} cal g^{-1} °C^{-1}	0.4536 J lb^{-1} K^{-1}

28.	வெப்பக்கடத்தம்	$1\ W\ m^{-1}\ K^{-1}$	=	10^{-2} $W\ cm^{-1}\ {}^{\circ}C^{-1}$	2.388×10^{-3} $Cal\ cm^{-1}\ s^{-1}\ {}^{\circ}C^{-1}$	0.8598 $kcal\ m^{-1}\ h^{-1}\ {}^{\circ}C^{-1}$
				0.3048 $W\ ft^{-1}\ {}^{\circ}C^{-1}$	0.5788 $Btu\ ft^{-1}\ h^{-1}\ {}^{\circ}F^{-1}$	
				6.933 $Btu\ inch\ ft^{-2}\ h^{-1}\ {}^{\circ}F^{-1}$		
29.	வெப்பக்கடத்துகை வெப்பமாற்றுக் குணகம்	$1\ W\ m^{-2}\ K^{-1}$	=	10^{-2} $W\ cm^{-2}\ {}^{\circ}C^{-1}$	2.388×10^{-5} $cal\ cm^{-2}\ s^{-1}$	0.8598 $kcal\ m^{-2}\ h^{-1}\ {}^{\circ}C^{-1}$
				9.290×10^{-2} $W\ ft^{-2}\ {}^{\circ}C^{-1}$	0.1761 $Btu\ ft^{-2}\ h^{-1}\ {}^{\circ}F^{-1}$	
30.	ஆற்றல்பாய்வு மேனிச்செறிவு	$1\ W\ m^{-2}$		$= 10^{4}$ $W\ cm^{-2}$	2.388×10^{-5} $cal\ cm^{-2}\ s^{-1}$	0.8598 $kcal\ m^{-2}\ h^{-1}$
				9.290×10^{-2} $W\ ft^{-2}$	0.3170 $Btu\ ft^{-2}\ h^{-1}$	0.6452×10^{-3} $W\ inch^{-2}$
31.	கதிர்ப்பக் குணகம் coefficient of radiation	$1\ Wm^{-2}\ K^{-4}$	=	0.8598 $Kcal\ m^{-2}\ h^{-1}\ k^{-4}$	9.290×10^{-2} $W\ ft^{-2}\ k^{-4}$	3.020×10^{-2} $Btu\ ft^{-2} h^{-4}\ R^{-4}$
32.	ஒளிர்வியம் $L, (L\nu)$ luminance	1 நிட் ($= cd\ m^{-2}$) nit	=	10^{-4} ஸ்டில்வ் ($cd\ cm^{-2}$)	9.29×10^{-2} $cd\ ft^{-2}$	π $lm\ m^{-2}$
				$\pi \times 10^{-4}$ $lm\ cm^{-2}$	0.2[illegible]2 அடிலேம்பர்ட்	

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு		பிற அலகுகள்		
33.	அதிர்வ இடைவெளி frequency intervel	1 சேவர்ட் Sν	=	3.32×10^{-3} எண்மம்	3.32 மில்லி எண்மம்	3.98 செண்ட்
34.	மின்னூட்டம் Q electric charge	1 கூலும் C	=	0.1 சாராகூலும்	2.778×10^{-4} ஆம்பியர் மணி	1.036×10^{-5} பேரடே
				2.998×10^{9} நிலைக்கூலும்		
35.	மின்னூட்டப்பரப் படர்த்தி σ surface density of charge	1 Cm^{-2}	=	10^{-5} சாராகூலும்/செமீ^{2}	2.998×10^{5} நிலைக்கூலும்/செமீ^{2}	
				2.778×10^{-4} ஆம்பியர்மணி/மீ^{2}	1.036×10^{-5} பேரடே/மீ^{2}	
36.	மின்னூட்டப் பருமடர்த்தி ρ volume density of charge	1 $C\ m^{-3}$	=	10^{-7} சாராகூலும்/செமீ^{3}	2.998×10^{3} நிலைக்கூலும்/செமீ^{3}	
				2.778×10^{-4} ஆம்பியர்மணி/மீ^{3}	1.036×10^{-5} பேரடே/மீ^{3}	
37.	மின்னோட்டச் செறிவு I electric current intensity	1 ஆம்பியர் A	=	0.1 சாரா ஆம்பியர் (பயாட்)	2.998×10^{9} நிலைப்பு ஆம்பியர்	

38.	மின்னழுத்தம் U electric potential	1 வோல்ட்டு V	=	10^8 சாரா வோல்ட்டு	3.336×10^{-3} நிலைப்பு வோல்ட்டு	
39.	மின்தடை R electrical resistance	1 ஓம் Ω	=	10^9 சாரா ஓம்	1.113×10^{-12} நிலைப்பு ஓம்	
40.	மின்தடையம் P resistivity	1 ஓம் மீட்டர் Ω m	=	10^2 ஓம் செமீ	10^8 μ Ω cm	10^6 ஓம் mm²/mm
				10^{11} சாராஓம் செமீ	1.113×10^{-10} நிலைப்பு ஓம் செமீ	
				6.015×10^8 ஓம் வட்டமில்/அடி	39.37 ஓம்/அங்குலம்	
41.	மின்கடத்துகை G electrical conductance	1 சீமென் S	=	10^{-9} சாராசீமென்	8.987×10^{11} நிலைப்பு சீமென்	
42.	மின்கொண்மம் C capacitance	1 பேரட் F	=	10^6 மைக்ரோபேரட்	10^{12} பிக்கோபேரட்	
				10^{-9} சாராபேரட்	8.987×10^{11} நிலைப்புப் பேரட்	
43.	மின்சார இடப்பெயர்ச்சி D electric displacement	1 கூலும்/மீட்டர்² C m⁻²	=	1.26×10^{-4} சாரா அலகு	3.774×10^6 நிலைப்பு அலகு	
44.	மின்புல வலிமை E electric field intensity	1 வோல்ட்/மீட்டர் V m⁻¹	=	10^{-2} வோல்ட்/செமீ	10^6 சாரா அலகு	3.336×10^{-5} நிலைப்பு அலகு

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு		பிற அலகுகள்
45.	மின்சார இடப்பெயர்ச்சிப் பாயம் ψ electric displacement flux	1 கூலும் C	=	1.26 சாரா அலகு; 3.774×10^{10} நிலைப்பு அலகு
46.	காந்தப் பாயம் ϕ magnetic flux	1 வீபர் Wb	=	10^{8} மேக்சுவெல்; 10^{5} ஆயிரக்கோடு; 3.335×10^{-3} நிலைப்பு அலகு
47.	காந்தப் பாய அடர்த்தி B magnetic flux density	1 டெஸ்லா T (= Wb m^{-2})	=	10^{-4} வீபர்/செமீ^{2}; 10 கிலோலைன்/செமீ^{2}; 10^{4} கௌசு; 10^{7} மில்லிகௌசு; 10^{9} காம்மா; 6.452×10^{-4} வீபர்/அங்குலம்^{2}; 6.452×10^{4} பாயக்கோடு/அங்குலம்$^{-2}$; 3.336×10^{-7} நிலைப்பு அலகு
48.	காந்த அழுத்தம், காந்த இயக்குவிசை Im magnetomotive force	1 ஆம்பியர் சுற்று At	=	0.1 சாரா ஆம்பியர்; 3.774×10^{10} நிலைப்பு ஆம்பியர்; 1.257 கில்பர்ட்
49.	காந்தப் புலவலிமை H காந்த வாக்குவிசை காந்த அழுத்தச் சரிவம் magnetic field intensity magnetising force mag. potential gradient	1 ஆம்பியர் சுற்று/மீட்டர் At m^{-1}	=	10^{-2} ஆம்பியர்/செமீ; 10^{-3} சாரா ஆம்பியர்/செமீ; 2.540×10^{-2} ஆம்பியர்/அங்குலம்; 1.257×10^{-2} எர்ஸ்டெட்; 3.77×10^{8} நிலைப்பு அலகு

50.	தூண்டம் L, பரிமாற்றுத் தூண்டம் M, L_{12} inductance, mutual inductance	1 என்றி H	=	10^3 மில்லி என்றி	10^9 சாரா என்றி	1.113×10^{-12} நிலைப்பு என்றி
51.	செயலுறுபரப்பு σ effective cross section	1 மீட்டர்^{2} m^2	=	10^4 செமீ^{2}	10^{28} பார்ன்	3.57×10^{20} a_o^2
				1.15×10^{20} πa_o^2	3.54×10^{20} (cm^2/cm^3) mm இதள்	

14.9.54. அனைத்து அலகு மாற்றப் பட்டியல் II—MASTER TABLE II

பிற அலகுகளின் SI மதிப்புகள்

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுச் சமானம்		
1.	நீளம் l length	மீட்டர் m	1 செண்டிமீட்டர் $= 10^{-2}$m	1 அங்குலம் $= 2.54 \times 10^{-2}$m	1 அடி $= 0.3048$ m
			1 கஜம் = 0.9144m	1 கோல் = 5.029 m	1 தொடரி 20.12m
			1 படைசால் = 201.2 m	1 பிரித். மைல் = 1609 m	1 பன்னாட்டு நாவாய் மைல் = 1852 m

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுச் சமானம்		
2.	பரப்பு *A*, *S* area	மீட்டர்^{2} m^2	1 செமீ^{2} $= 10^{-4} m^2$	1 ஏர் $= 100 m^2$	1 வட்டமில் $= 5.067 \times 10^{-10} m^2$
			1 சதுரஅங்குலம் $= 6.452 \times 10^{-4} m^2$	1 சதுர அடி $= 9.29 \times 10^{-2} m^2$	1 சதுரகஜம் $= 0.8361 m^2$
			1 ஏக்கர் $= 4.047 \times 10^3 m^2$	1 சதுரமைல் $= 2.590 \times 10^6$	1 சதுர நாவாய்மைல் $= 3.43 \times 10^6$
3.	பருமம் v, கொண்மை c volume, capacity	மீட்டர்^{3} m^3	1 லிட்டர் dm^3 $= 10^{-3} m^3$	$1 cm^3$ $= 10^{-6} m^3$	1 கனஅங்குலம் $= 1.639 \times 10^{-5} m^3$
			1 கனஅடி $= 2.832 \times 10^{-2} m^3$	1 கனகஜம் $= 0.7646 m^3$	1 பாய்ம அவுன்சு $= 2.841 \times 10^{-5} m^3$
			1 UK கேலன் $= 4.546 \times 10^{-3} m^3$	1 US கேலன் $= 3.785 \times 10^{-3} m^3$	1 ஏக்கர் அடி $= 1.233 \times 10^3 m^3$
4.	தளக்கோணம் $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \nu, \psi$ plane angle	ஆரயன் rad	1 பாகை $= 1.745 \times 10^{-2}$ rad	1 கோண நிமையம் $= 2.909 \times 10^{-4}$ rad	1 கோணொடி $= 4.848 \times 10^{-6}$ rad
			1 சுற்று $= 6.283$ rad	1 செங்கோணம் $= 1.571$ rad	1 படிநிலை (grade) $= 1.571 \times 10^{-2}$ rad
			1c பதினக்கோண நிமையம் $= 1.571 \times 10^{-4}$ rad	1 பதினக்கோணநொடி $= 1.571 \times 10^{-6}$ rad	

5.	திண்மக்கோணம் solid angle ω, Ω	திணாரயன் sr	1 கோளம் = 12.57 sr	1 செந்திணாரயன் = 1.571 sr	1 சதுரப்பாகை = 3.049×10^{-4} sr
6.	காலயிடை t time intervel	நொடி s	1 நிமையம் = 60 நொடி	1 மணி = 3600 s	1 பக்கல் (நாள்) = 8.640×10^{4} s
			1 கிழமை = 6.048×10^{5} s	1 ஆண்டு = 3.156×10^{7} s	
7.	செலவு, கதி (திசை வேகம்) speed, velocity u, v	மீட்டர்/நொடி ms^{-1}	1 மீட்டர்/நிமையம் = 1.67×10^{-2} m s^{-1}	1 செமீ/நொடி = 10^{-2} m s^{-1}	
			1 கிலோமீட்டர்/மணி = 0.2778 m s^{-1}	1 அடி/நொடி = 0.3048 m s^{-1}	
			1 அடி/நிமையம் = 5.080×10^{-3} m s^{-1}	1 மைல்/மணி = 0.4470 m s^{-1}	1 நாட் (knot) = 0.5144 m s^{-1}
8.	முடுக்கம் a acceleration	மீட்டர்/நொடி^{2} m s^{-2}	1 செமீ/நொடி^{2} = 10^{-2} m s^{-2}	1 ஈர்ப்பு முடுக்கம் = 9.807 m s^{-2}	
9.	கோணகதி (கோணத் திசை வேகம்) angular velocity ω	ஆரயன்/நொடி rad s^{-1}	1 பாகை/நொடி = 1.745×10^{-2} rad s^{-1}	1 சுற்று/நொடி = 6.283 rad s^{-1}	1 சுற்று/நிமையம் = 0.1047 rad s^{-1}

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுச் சமானம்
10.	நிறை (பொருண்மை) m mass	கிலோகிராம் kg	1 கிராம் $= 10^{-3}$ kg; 1 பவுண்டு $= 0.4536$ kg; 1 ஸ்லஃ $= 14.59$ kg; 1 மெட்ரிக் ஸ்லஃ(டம்) $= 9.806$ kg; 1 UK டன் $= 1016$ kg; 1 US டன் $= 907.2$ kg; 1 அணுநிறையலகு (amu) $= 1.66 \times 10^{-27}$ kg; 1 அவுன்சு $= 2.835 \times 10^{-2}$ kg
11.	நிறை : வணிக அலகு s mass	கிலோகிராம் kg	1 தோலா $= 1.166 \times 10^{-2}$ kg; 1 சேர் $= 0.9331$ kg; 1 மணங்கு $= 37.32$ kg; 1 தவசமணி $= 6.480 \times 10^{-5}$ kg; 1 குன்றிமணி $= 2 \times 10^{-5}$ kg
12.	அடர்த்தி P density	கிலோகிராம்/மீட்டர்³ kg m^{-3}	1 கிராம்/செமீ³ $= 10^{-3}$ kg m^3; 1 பவுண்டு/அடி³ $= 16.02$ kg m^{-3}; 1 பவுண்டு/அங்குலம்³ $= 2.768 \times 10^{-4}$ m^{-3}; 1 ஸ்லஃ/அடி³ $= 5.154 \times 10^2$ kg m^{-3}; 1 CWT/கஜம்³ $= 66.45$ kg m^{-3}
13.	நீளஅடர்த்தி linear density	கிலோகிராம்/மீட்டர் kg m^{-1}	1 கிராம்/செமீ $= 0.1$ kg m^{-1}; 1 பவுண்டு/கஜம் $= 0.4961$ kg m^{-1}; 1 பவுண்டு/அடி $= 1.488$ kg m^{-1}; 1 பவுண்டு/அங்குலம் $= 17.86$ kg m^{-1}

14. செறிவு concentration	கிலோகிராம்/மீட்டர்^{3} $kg\ m^{-3}$	1 கிலோகிராம்/லிட்டர் $= 1$ கிராம்/செமீ^{3} $= 10^3\ kg\ m^{-3}$	1 அவுன்சு/UK கேலன் $= 6.236\ kg\ m^{-3}$
		1 தவசமணி/UK கேலன் $= 1.425\times10^{-2}\ kg\ m^{-3}$	1 தவசமணி/அடி^{3} $= 2.288\times10^{-3}\ kg\ m^{-3}$
		1 பவுண்டு/அடி^{3} $= 16.02\ kg\ m^{-3}$	
15. விசை F force	நியூட்டன் N	1 டைன் $= 10^{-5}N$	1 பவுண்டல் $= 0.1383\ N$; 1 பவுண்டுவிசை $= 4.448\ N$
		1 கிராம்விசை $= 9.807\times10^{-7}\ N$	1 கிலோகிராம் விசை $= 9.807\ N$
16. விசையின் சுழலம் moment of a force	நியூட்டன் மீட்டர் N m	1 டைன் செமீ $= 10^{-7}\ N\ m$	1 கிலோகிராம் விசை/மீ $= 9.807\ N\ m$
		1 பவுண்டல் அடி $= 4.214\times10^{-2}\ N\ m$	1 பவுண்டுவிசை அடி $= 1.356\ N\ m$
17. ஆற்றல், வேலை, வெப்பம் E, W, A energy, work, heat	சௌல் J	1 எர்கு $= 10^{-7}\ J$	1 செமீ$^{-1}$ $= 1.986\times10^{-23}\ J$; 1 கிலோவாட் மணி $= 3.600\times10^6\ J$
		1 கிலோகிராம் விசை மீட்டர் $= 9.807\ J$	1 கலோரி $= 4.187\ J$

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுச் சமானம்		
17.	(தொடர்ச்சி)		1 குதிரைத்திறன் மணி $= 2.6{\cdot}4 \times 10^{6}$ J	1 பிரித்தானிய வெப்ப அலகு $= 1.055 \times 10^{3}$ J	
			1 அடி பவுண்டு $= 1.356$ J	1 லிட்டர் நிலவளி $= 101$ J	
			1 எலக்ட்ரான் வோல்ட் $= 1.602 \times 10^{-19}$ J	1 கிலோகிராம் ஆற்றல் $= 8.987 \times 10^{16}$ J	
			1 அணு நிறையாற்றல் $= 1.492 \times 10^{-10}$ J		
18.	அழுத்தம் P pressure	நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} N m^{-2}	1 டைன்/செமீ^{2} $= 0.1$ N m^{-2}	1 படித்தர நிலவளி $= 1.013 \times 10^{5}$ N m^{-2}	1 மில்லிபார் $= 10^{2}$ N m^{-2}
			1 டார் $= 133.3$ N m^{-2}	1 கிலோகிராம் விசை/செமீ^{2} $= 9.804 \times 10^{4}$ N m^{-2}	
			1 பவுண்டுவிசை/அங்^{2} $= 6.895 \times 10^{3}$ N m^{-2}	1 பவுண்டு விசை/அடி^{2} $= 47.88$ N m^{-2}	
			1 டன்விசை/அங்குலம்^{2} $= 1.544 \times 10^{7}$ N m^{-2}	1 டன் விசை/அடி^{2} $= 1.072 \times 10^{5}$ N m^{-2}	
19.	நீர அழுத்தம் P liquid pressure	நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} N m^{-2}	1 படித்தர நிலவளி $= 1.01325 \times 10^{5}$ N m^{-2}	1 நீர்க்கம்ப அடி $= 2.989 \times 10^{3}$ N m^{-2}	

			1 நீர்க்கம்ப மீட்டர் = 9.807×10^3 N m^{-2}; 1 இதட்கம்ப அங்குலம் = 3.386×10^3 N m^{-2}
			1 இதட்கம்ப mm = 133.3 N m^{-2}
20.	திறன் P power	வாட் W	1 எர்கு/நொடி = 10^{-7} W; 1 kg m s^{-1} = 9.807 W; 1 கலோரி/நொடி = 4.187 W
			1 கிலோகலோரி/மணி = 1.16 W; 1 மெட்ரிக்கு hp = 735.5 W
			1 குதிரைத்திறன் = 745.7 W; 1 அடிபவுண்டு/நொடி = 1.356 W
			1 அடிபவுண்டு/நிமையம் = 2.26×10^{-2}; 1 பிரித்தானிய வைப்ப அலகு/மணி = 0.2931 W
21.	சடமைச் சுழலம் I, J moment of inertia	கிலோகிராம் மீட்டர்^{2} kg m^2	1 கிராம் செமீ^{2} = 10^{-7} kg m^2; 1 டம் மீட்டர்^{2} = 9.806 kg m^2; 1 பவுண்டு அடி^{2} = 0.2048 kg m^2
22.	நெகிழ்வு, சறுக்குக் குணிதம் E, G elasticity, shear modulus	நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} N m^{-2}	1 டைன்/செமீ^{2} = 0.1 N m^{-2}; 1 கிலோகிராம் விசை/மீ^{2} = 9.806 N m^{-2}
			1 கிலோகிராம் விசை/செமீ^{2} = 9.806×10^4 N m^{-2}; 1 கிராம் விசை/செமீ^{2} = 98.06 N m^{-2}
			1 பவுண்டு விசை/அடி^{2} = 47.88 N m^{-2}

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுச் சமானம்		
23.	குறைப்பித்த அழுத்தம், செறிவு reduced pressure, concentration	நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} N m^{-2}	(விளக்கத்துக்குப் பட்டியல் 23-ஐக் காண்க)		
			$= 2.66 \times 10^{20}$ m^{-3}	2.66×10^{17}/லிட்டர்	
			2.66×10^{14}/செமீ^{3}	4.42×10^{-7} மோல்/லிட்டர்	
24.	இயக்கப்பிசிறம் η dynamic viscosity	நியூட்டன் நொடி/மீட்டர்^{2} N s m^{-2}	1 டைன் நொடி/செமீ^{2} = 0.1 N s m^{-2}	1 பவுண்டல் நொடி/அடி^{2} = 1.488 N s m^{-2}	
			1 பவுண்டு விசை நொடி/அடி^{2} = 47.88 N s m^{-2}		
25.	இயக்க அளவப்பிசிறம் ν kinematic viscosity	மீட்டர்^{2}/நொடி m^2 s^{-1}	1 செமீ^{2}/நொடி = 10^{-4} m^2 s^{-1}	1 அடி^{2}/நொடி = 9.290×10^{-2} m^2 s^{-1}	
26.	வெப்பநிலை $t(\nu)$ temperature	கெல்வின் K	θ பாகை செல்சியஸ் = (T-273.15) K	$t°$ பாரனீற்று = $(\frac{9}{5}$ T − 459.67) K	$t°$ ரேன்கைன் = $(\frac{9}{5}$ T) K
27.	தனிவெப்பக் கொண்மை C Specific heat capacity	J kg^{-1} K^{-1}	1 erg $g^{-1}°C^{-1}$ = 10^{-4}J kg^{-1} K^{-1}	1 kcal kg^{-1} K^{-1} = 1 cal g^{-1} K^{-1} = 4.187×10^3 J kg^{-1} K^{-1}	
	ஓரலகு நிறை என்ட்ரபி, s Specific entropy		1 J lb^{-1} K^{-1} = 2.205 J kg^{-1} K^{-1}		

No.	Quantity	Unit	Conversions		
28.	வெப்பக்கடத்தும் λ thermal conductivity	W m^{-1} K^{-1}	1 W cm^{-1} °C^{-1} = 10^2 W m^{-1} k^{-1}	1 cal cm^{-1} s^{-1} °C^{-1} = 418.7 W m^{-1} K^{-1}	
			1 kcal m^{-1} ht^{-1} °C^{-1} = 1.163 W m^{-1} K^{-1}	1 W ft^{-1} °C^{-1} = 3.281 W m^{-1} K^{-1}	
			1 Btu ft^{-1} hr^{-1} °F^{-1} = 1.731 W m^{-1} K^{-1}	1 Btu in ft^{-2} hr^{-1} °F^{-1} = 0.1442 W m^{-1} K^{-1}	
29.	வெப்பக்கடத்துகை G thermal conductance	W m^{-2} K^{-1}	1 W cm^{-2} °C^{-1} = 10^4 Wm^{-2} K^{-1}	1 cal cm^{-2} s^{-1} °C^{-1} = 4.187×10^4 W m^{-2} K^{-1}	
			1 kcal m^{-2} hr^{-1} °C^{-1} = 1.163 W m^{-2} K^{-1}	1 W ft^{-2} °C^{-1} = 10.76 W m^{-2} K^{-1}	
			1 Btu ft^{-2} hr^{-1} °C^{-1} = 5.678 W m^{-2} K^{4}		
30.	ஆற்றல் பாய்வு மேனிச் செறிவு ϕ, q intensity of energy flow rate	வாட்/மீட்டர்^{2} (லக்ஸ்) W m^{-2}	1 W cm^{-2} (போட்) = 10^4 W m^{-2}	1 cal cm^{-2} s^{-1} = 4.187×10^4 W m^{-2}	1 kcal m^{-2} hr^{-1} = 1.163 W m^{-2}
			1 W ft^{-2} (அடிக்கேண்டில்) = 10.76 W m^{-2}		
			1 வாட்/அங்குலம்^{2} = 1.550×10^3 W m^{-2}	1 Btu/அடி^{2}மணி = 3.155 W m^{-2}	

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுச் சமானம்	
31.	கதிர்ப்பக் குணகம் coefficient of radiation	$W\ m^{-2}\ K^{-4}$	*1* kcal $m^{-2}\ h^{-1}\ k^{-4}$ = *1.163* $W\ m^{-2}\ k^{-4}$	*1* $W\ ft^{-2}\ K^{-4}$ = *10.76* $W\ m^{-2}\ K^{-4}$
			1 Btu $ft^{-2}\ h^{-1}\ R^{-4}$ = *33.12* $W\ m^{-2}\ K^{-4}$	
32.	ஒளிர்வியம் $L, (L_v)$ luminance	நிட் $cd\ m^{-2}$	*1* ஸ்டில்ப் ($cd\ cm^{-2}$) = $10^4\ cd\ m^{-2}$	*1* கேண்டலா/அடி^{2} = *10.76* $cd\ m^{-2}$
			1 லூமென்/மீட்டர்^{2} = $(1/\pi)\ cd\ m^{-2}$	*1* லூமென்/செமீ^{2} = $(10^4/\pi)\ cd\ m^{-2}$
			1 அடிலேம்பர்ட் = *3.43* $cd\ m^{-2}$	
33.	அதிர்வ இடைவெளி frequency intervel	சேவர்ட் Sv	*1* எண்மம் (octave) = *301* Sv	*1* மில்லி எண்மம் = *0.301* Sv ; *1* சென்ட் = *0.251* Sv
34.	மின்னூட்டம் Q electric charge	கூலும் C	*1* சாராகூலும் = *10*C	*1* பிராங்க்ளின் = *3 336* $\times 10^{-10}$ C
			1 ஆம்பியர்மணி = *3600* C	*1* பேரடே = *9.649* $\times 10^4$ C

35.	மின்னூட்டப் பரப் படர்த்தி σ surface density of charge	கூலும்/மீட்டர்^{2} C m^{-2}	1 சாராகூலும்/செமீ^{2} = 10^5 C m^{-2} 1 ஆம்பியர்மணி/மீ^{2} = 3600 C m^{-2}	1 பிராங்க்ளின்/செமீ^{2} = 3.336×10^{-6} C 1 பேரடே/மீட்டர்^{2} = 9.649×10^4 C
36.	மின்னூட்டப் பரப் படர்த்தி ρ volume density of charge	கூலும் மீட்டர்^{3} C m^{-3}	1 சாராகூலும்/செமீ$^{-3}$ = 10^7 Cm^{-3} 1 ஆம்பியர்மணி/மீட்டர்^{3} = 3600 C m^{-3}	1 பிராங்க்ளின்/செமீ^{3} = 3.336×10^{-4} C m^{-3} 1 பேரடே/மீட்டர்^{3} = 9.649×10^4 C m^{-3}
37.	மின்னோட்டச் செறிவு I electric current intensity	ஆம்பியர் A	1 பயாட் (α A) = 10 A	1 நிலைப்பாம்பியர் (βA) = 3.336×10^{-10} A
38.	மின்னழுத்தம் U electric potential	வோல்ட்டு V	1 சாரா வோல்ட்டு = 10^{-8} V	1 நிலைப்புவோல்ட்டு = 2.998×10^2 V
39.	மின்தடை R electric resistance	ஓம் Ω	1 சாரா ஓம் = $10^{-9}\Omega$	1 நிலைப்பு ஓம் = $8.987 \times 10^{20}\ \Omega$
40.	மின்தடையம் ρ resistivity	ஓம் மீட்டர் Ω m	1 ஓம் செமீ = $10^{-2}\Omega$m 1 சாரா ஓம் செமீ = $10^{-11}\ \Omega$ cm 1 ஓம் வட்டமில்/அடி = $1.662 \times 10^{-9}\ \Omega$ m	1 $\mu\Omega$ cm = $10^{-8}\ \Omega$ m 1 Ω mm^2/mm = $10^{-6}\ \Omega$m 1 நிலைப்பு ஓம் செமீ = $8.987 \times 10^{9}\ \Omega$ cm 1 ஓம் அங்குலம் = $2.54 \times 10^{-2}\ \Omega$m

பட்டியல் எண்	கணிசம்	SI அலகு	பிற அலகுச் சமானம்
41.	மின்கடத்துகை G electrical conductance	சீமென் S	1 சாராசீமென் $= 10^{9}$ S; 1 நிலைப்புச் சீமென் $= 1.113\times10^{-12}$ S
42.	மின்கொண்மம் C capacitance	பேரட் F	1 மைக்ரோபேரட் $= 10^{-6}$ F; 1 பிக்கோபேரட் $= 10^{-12}$ F; 1 சாராபேரட் $= 10^{9}$ F
43.	மின்சார இடப் பெயர்ச்சி D electric displacement	கூலும்/மீட்டர்² $C\ m^{-2}$	1 சாரா அலகு $= 7.96\times10^{6}$ $C\ m^{-2}$; 1 நிலைப்பு அலகு $= 2.65\times10^{-7}$ $C\ m^{-2}$
44.	மின்புல வலிமை E electric field intensity	வோல்ட்/மீட்டர் $V\ m^{-1}$	1 வோல்ட்/செமீ $= 10^{2}$ $V\ m^{-1}$; 1 சாரா அலகு $= 10^{-6}$ $V\ m^{-1}$; 1 நிலைப்பு அலகு $= 2.998\times10^{4}$ $V\ m^{-1}$
45.	மின்சார இடப் பெயர்ச்சிப்பாயம் Ψ electric displacement flux	கூலும் C	1 சாரா அலகு $= 0.796$ C; 1 நிலைப்பு அலகு $= 2.65\times10^{-11}$ C
46.	காந்தப்பாயம் ϕ magnetic flux	வீபர் Wb	1 மேக்சுவெல் $= 10^{-8}$ Wb; 1 கிலோலைன் $= 10^{-5}$ Wb; 1 நிலைப்பு அலகு $= 299.8$ Wb

47.	காந்தப் பாய அடர்த்தி B magnetic flux density	டெஸ்லா T	1 வீபர்/செமீ^{2} = 10^4 T; 1 கிலோலைன்/செமீ^{2} = 0.1 T; 1 கௌசு = 10^{-4} T 1 மில்லி கௌசு = 10^{-7} T; 1 காம்மா = 10^{-9} T; 1 வீபர்/அங்குலம்^{2} = 1.550×10^3 T 1 பாயக்கோடு/அங்^{2} = 1.550×10^{-5} T; 1 esu நிலைப்பு அலகு = 2.998×10^6 T
48.	காந்த அழுத்தம் Im magnetic potential	ஆம்பியர் சுற்று At	1 சாரா ஆம்பியர்சுற்று = 10 At; 1 நிலைப்பலகு = 2.65×10^{-11} At 1 கில்பர்ட் = 0.7258 At
49.	காந்தப்புல வலிமைH magnetic field intensity	At m^{-1}	ஆம்பியர்/செமீ = 10^2 At m^{-1}; 1 α At/cm = 10^3 At m^{-1}; 1 At/அங்குலம் = 39.37 At m^{-1} 1 எர்ஸ்டெட் = 79.58 At m^{-1}; 1 நிலைப்பலகு = 2.653×10^{-9} At m^{-1}
50.	தூண்டம் (மின்நிலைமம்) L inductance	என்றி H	1 சாரா என்றி = 10^{-9} H; 1 நிலைப்பு என்றி = 8.987×10^{11} H
51.	செயலுறுபரப்பு σ effective cross section	மீட்டர்^{2} m^2	1 செமீ^{2} = 10^{-4} m^2; 1 பார்ன் = 10^{-28} m^2; 1 a_o^2 = 2.80×10^{-21} m^2 1 πa_o^2 = 8.80×10^{-21} m^2; 1 (cm^2/cm^3) mm இதன் = 2.83×10^{-21} m^2

கருவி நூற்பட்டியல்
(Bibliography)

I. பொதுவகை *Generalia*

1. Sena L. A: *Edinitsy izmereniya fizicheskikh velichin i ik razmernosti* (Units of physical quantities and their dimensions) 1973 Mir Publishers 2, Pervy Rizheky Perulok, Moscow
2. Leo Young: *Systems of Units in Electricity and Magnetism* 1969 Oliver and Boyd Ltd, Tweeddale court Edinburgh
3. Rhys Lewis: *Engineering Quantities and Systems of Units* 1972 Applied Science Publishers, Ripple Road, Barking
4. Sommerfeld, A: *Elektrodynamik* (Electrodynamics) 1964 *Essex England* Academic Press, 111, 5th Avenue New York 10003
5. Massey, B.S: *Units, Dimensional Analysis and Physical Similarity* 1971 Von Nostrand Reinhold, London.
6. Jerrard H. G. & Mc Neill D.B: *A Dictionary of Scientific Units* 1972 Chapman and Hall 11, New Fetter Lane, London Ec 4PEE
7. Chatterjee, G. P: *Fundamentals of Units and Dimensions* 1975 Macmillan Company of India Ltd, Calcutta
8. Feather, N: *An Introduction to the Physics of Mass, Length and Time* :1959 Edinburgh University Press and Penguinn
9. Science Masters Association: *The teaching of Electricity With special reference to mks Units* 1954 John Murray & Co London

10. Venkatramaiah, P: *International system of Units* SI *and its Development* 1971 Prof P. V. II Road, Prakasam Nagar, Rajahmundry-3 (A.P.)

11. SUN Commission (IUPAP, UNESCO) *Symbols, Units and Nomenclature in Physics* Document UIP II (S.U.N. 65-3) Prof C.C. Butler Secretary General, Physics Department, Imperial College, South Kensington London SW7

12. Verman, Lal, c (editor): *Metric change in India* Indian Standards Institution ISI

13. ISI : *Conversion Factors and Conversion Tables* IS 786-1967 (1968)

: SI *Supplement* to the above IS 786-1967 (1973)

: *Recommendations on the International System* (SI) *units* IS: 3616-1966

: *Guide to the use of International System* (SI) *units* SP: 5-1969

ISI : *Fundamental quantities and Units of the MKSA system* and *Quantities and Units of Space and Time*— Recommendations on IS: 1890 Part I 1967

Quantities and Units of Periodic and Related Phenomena - Recommendations on IS 1890 Part II-1967

Quantities and Units of Mechanics IS : 1890 Part III 1967

Quantities and Units of Heat IS : 1890 Part IV 1967

21. Mc Greevy, T: The mks system of Units 1953 Sir Isaac Pitman & Sons Ltd, Parker street, Kingsway, London Wc 2

22. Diamant, R.M.E: *Understanding* SI *metrication* Angas and Robertson Ltd 54, Barthalomew close London EC

23. BCURA: SI *and related Units*

24. Hughes, M.N. and others : *SI Units and Conversion Tables* The Machinery Publishing Co Ltd, New England House New England Street

25. Association of Teachers in Technical Institutions (in Great Britain): *Metrication* Decimalization etc.

26. National Physical Laboratory (Britain): *changing to the metric system*

27. Rao, V. V. L and Ramasamy G. SI *Units* 1971 Tata Mc Grew Hill, Bombay

28. Clark's Tables 1971 Oliver & Boyd Ltd Tweeddale Court Edinburgh

29. Rathnavel, L. K: SI *Units and Conversion Tables (1976)* (manuscript to be published in 1976) Narpani Pathippagam, 51, Teachers Colony Rajapalayam-626108

II பாடநூல் *Textbooks:*

1. Rathnavel, L. K: *Experimental Physics* (series) *in Rmks A* (SI) *Units for PUC, B.Sc. Ancillary,* (Both in English and Tamil) and *Medicals* 1975 Narpani Pathippagam, 51, Teachers Colony, Rajapalayam — 626108

2. Rathnavel, L. K and Thirugnanam S (co-author for PUC Tamil and B.Sc. Ancillary books) ibid

3. Rathnavel, L.K: PUC Physics in SI Units - A refresher course (1976)

III கதை நூல்கள் ibid *Popular Science on Metrication* :

1. Irwin K.G: *Man learns to Measure* Dennis Dobson London W8

2. Kellaway: *Metrication* Penguinn Books, Middlesex, England

3. Arthur Groom: *How We Weigh and Measure*
Routledge and Kegan Paul Ltd, London E C 4

4. Peach, J: *Industrial Metrication*
St. Pauls House, Warwick lane, London E C 4

5. Vickers, Colonel J. S: *Making the Most of Metrication*
(SI is also included) ibid

6. Mars: *Exploring the Metric World*

7. Anderson: *Changing to Metric System*

IV எண்மானம், அளவீட்டு இலக்கியம் கலைச்சொல் பற்றி அறிய உதவும் தமிழ் சார்ந்த நூல்கள், கட்டுரைகள்

1. காரி நாயனார்: கணக்கதிகாரம்
சைவசித்தாந்த நூற்பதிப்புக் கழகம், சென்னை–1

2. பிங்கலந்தை நிகண்டு *ibid*

3. தேவநேயப்பாவாணர், ஞா: ஒப்பியன் மொழிநூல் *ibid*

4. தேவநேயப்பாவாணர், ஞா: பண்டைத் தமிழர் நாகரிகமும் பண்பாடும் நேசமணிப் பதிப்பகம் ஆ 1135
இரண்டாம் மேற்குக் குறுக்குச்சாலை காட்டுப்பாடி விரிவு (வடவார்க்காடு)

5. Devaneyappavanar G: *The Primary Classical Language of the World ibid*

6. உலகத்தமிழ் மாநாடு 1968: கையேடு

7. Asko Parpola: *First Announcement* (on the computerised Decipherment of the Indus seals) 1971
Scandinavian Institute of Asian Studies
Copenhagen Denmark

8. இல. க. இரத்தினவேல்: (1) மொழியாக்கம் - ஒருவிளக்கம் தென்மொழி 6:7
(2) சில கலைச்சொற்கள் 10:1-8
(3) அறிவியல் நெறிமுறை வரையறைகள் செ 12:5-10

V கட்டுரைகள் *articles*

1. Astin, Allen V: *Standards of Measurements* Scientific American Vol. 218 No. 6 (June 1968)

2. Sampath, S: *Systems of Units in Ancient Tamilnadu* 1971 Paper read in the Seminar on SI Units (22, 23, 24-3-71) sponsored by ISI and BHEL at REC Tiruchi-15

3. வேங்கடராமன், தி: *பண்டைத் தமிழரின் வானநூல் அறிவு, வான நூற்கலைஞர் தமிழ்ப்பொழில் துணர் 40 மலர் 1,7,8 (1964)*

4. இரத்தினவேல், இல.கஃ "பன்னாட்டு அளவீட்டுத்திட்டம்" SI பற்றிய சொற்பொழிவின் உரைத் தொகுப்பு கல்லூரி ஆசிரியர் புகுமுகவகுப்புத்தமிழ்வழிப் பயிற்று முகாம் வெளியீடு—1976.

அருஞ்சொல் விளக்கம்

(Glossary)

அடிப்படையலகு (base unit) : ஓர் அலகுத் திட்டத்தில் தான் பிற அலகுகளை அளப்பதற்குப் பயன்படுமாறும், ஆனால் தன்னைப் பிறிதொன்று 'அளக்கக்' கூடாததாகவும் உள்ள ஓர் அலகு.

இது, பெரும்பாலும் மூலமுன்மாதிரிப் படித்தரத்தில் இருந்து வருவித்த படித்தரமாக அமையும். பிற அடிப்படை அலகுகளைச் சாராத பரிமானமாறிலியைத் தகவுமாறிலியாய்க் கொண்ட வரையறுப்புச் சமன்பாட்டால் தீர்மானிக்கப்படுகிற ஒரு படித்தரத்தால் (Standard) ஆன அலகு.

அடிப்படைக் கணிசம் (base quantity) : ஒரே அடிப்படையலகால் அளக்கப்பெறும் கணிசம்.

அலகு (unit) : ஓரலகு அளவையுடைய கணிசம் (காண்க : அடிப்படையலகு, வருவித்த அலகு)

அலகுத் திட்டம் (system of units) : அடிப்படையலகுகளையும் வரையறைச் சமன்பாடுகளையும் கொண்ட தற்பொருத்தம் உடைய திட்டம்.

பெரும்பான்மையான அலகுத் திட்டங்கள் ஓரியன்மையுடைய திட்டங்களே.

அளவு (measure) : கணிசத்துக்கும் அலகுக்கும் உள்ள தகவைக் காட்டும் எண்.

x என்ற கணிசத்தின் அளவை $\{x\}$ என்றும், அலகை $\langle x \rangle$ என்றும் குறித்தால்

$$x = \{x\} \langle x \rangle$$

எண் (numeric) : பரிமாணமில்லா எண். வேறு பொருள் குறிக்காத வெறும் எண்.

ஒப்பியன்மைத் திட்டம் (symmetrical system) : $\{\mu_o\} = 1$ $\{\epsilon_o\} = 1$ என μ_o, ϵ_o இரண்டின் எண்மதிப்பும் ஒன்று (1) என அமைந்த திட்டம்.

ஒப்பியன்மையில் திட்டம் : ஒரே சமயத்தில் $\{\mu_o\}$, $\{\epsilon_o\}$ இரண்டின் எண்மதிப்புகளும் 1க்குச் சமமில்லாத திட்டம்.

ஒழுங்குறுத்தம் (rationalisation) : சீராக்கத்துக்கான வேறொரு பெயர்.

ஓரியன்மை அலகுகள் (coherent units) : ஓரியன்மை அலகுத் திட்டங்களைச் சார்ந்த அலகுகள்.

ஓரியன்மைச் சமன்பாடுகள் (coherent equations) : ஓரியன்மை அலகுத் திட்டத்தைச் சார்ந்த சமன்பாடுகள்.

ஓரியன்மைத் திட்டங்கள் (coherent systems) : கணிசக் குறியீடுகளை அளவுக் குறியீடுகளால் மாற்றினாலும் வேறுபடாத சமன்பாடுகளால் ஆன அலகுத் திட்டங்கள் அஃதாவது, அந்த அலகுத்திட்டத்தின் கணிசச் சமன்பாடும் அலகுச் சமன்பாடும் பரிமான மில்லா ஒரே வெறும் கூற்றெண்ணை உடையது.

கணிசம் ('quantity'): ஓர் அமைப்பின் அளவிடத்தக்க பகுதி. (காண்க: அடிப்படைக் கணிசம், வருவித்த கணிசம்)

காந்த மாறிலி (magnetic constant-μ_o): மின்சாரம் பாயும் ஈறற்று நீண்ட இணைக்கடத்திகளுக்கு இடையிலான விசையைக் கணிக்கும் சமன்பாட்டில் வரும் மாறிலி .

$$F_1 = \frac{\mu_o}{2\pi} \quad \frac{I_1I_2}{r} \qquad \text{(SI வாய்பாடு)}$$

வெற்றிடத்தின் புக்கியன்மை (permeability of vacuum) என்பது இதன் பழம் பெயர். (காண்க: மின்சார மாறிலி.)

சீராக்கம் (rationalisation): மேஃசுவெல் சமன்பாடு போன்றவற்றில் 4π என்ற கூற்றெண்களின் நீக்கம். புலக்கணிசங்களில்வட்ட, உருளைச் சார்புடைய கோவைகளில் 2 π, கோளச்சார்புடையவற்றில் 4 π வருமாறு ஆக்கம்பெறல்.

சீராக்கத் திட்டம் (rationalised system) : சீராக்கத்தை உடைய அலகுத் திட்டம்.

திட்டம் (system): அலகுத் திட்டத்தில் காண்க.

பரிமாணம் (dimension): *கணிசத்தில், அடிப்படையலகுகளில் இருந்து வருவித்த அலகுகள் எவ்வாறு மாற்றமுறுகின்றன என்பதனைக் காட்டும் ஒரு பண்பு.*

மாறிலியில் இருந்து வருவித்த அடிப்படையலகு (constant derived base unit): *ஒரு வரையறைச் சமன்பாட்டின் தகவு மாறிலியின் எண்மதிப்பால் தீர்மானிக்கப்படும் எண் மதிப்பையுடைய அடிப்படையலகு.*

மின்சார மாறிலி (electric constant-ε_0): *வெற்றிடத்தில் இரு மின்னூட்டங்களுக்கு இடையிலான விசையைக் கணிக்கும் கூலும் நெறிச் சமன்பாட்டில் வரும் மாறிலி.*

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \varepsilon_0 r^2}$$

இதன் பழம்பெயர் வெற்றிடத்தின் இசைவியலன்மை (Permitivity of vacuum).

மூல முன்மாதிரியில் இருந்து வருவித்த அடிப்படையலகு (Prototype derived base unit): *ஒரு மூல முன்மாதிரிப் படித்தரத்தை முற்றொத்த அடிப்படையலகு.*

மூல முன்மாதிரிப் படித்தரம் (prototype standard): *(1) தனித்தன்மையுடைய பொருளை அல்லது (2) தனித்தன்மையான வரையறையால் துல்லியமாக மீளாக்கத்தக்க விளைவை அடிப்படையாகக் கொண்ட நிலைத்த படித்தரம்.*

வருவித்த அலகு (derived unit): *வருவித்த கணிசத்தின் அலகு. ஒரு வரையறைச் சமன்பாட்டின் எல்லா அடிப்படைக் கணிசங்களும் அவற்றின் அடிப்படை அலகால் குறிக்கப்படும் போதுள்ள கணிசம்.*

வருவித்த கணிசம் (derived quantity): *வரையறைச் சமன்பாட்டால் தீர்மானிக்கப்படும் கணிசம்.*

வரையறைச் சமன்பாடு (defining equation): *ஏற்கெனவே வரையறுத்த கணிசங்களைக் கொண்டு புதிய கணிசத்தை உருவாக்க உதவும் சமன்பாடு.*

சொல் முதற்குறிப்பு அகரவரிசை

ஆங்கிலம் — தமிழ்

INDEX : English - Tamil

B

C

compressibility	...	இறுகியன்மை	8.5.11
concentration	...	செறிவு	8.5.17
:conversion table	...	செறிவு : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.14
, normal	...	இயல்பு செறிவு	8.5.17
concept, basic	...	அடிப்படைக் கொள்கை	12.0.0
Condarcet	...	கொண்டார்செட்	2.0.0
conductance, thermal	...	வெப்பக் கடத்துகை	9.4.4
, electrical	...	மின் கடத்துகை	12.1.43
:conversion table	...	,, : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.41
conductivity	...	கடத்தம்	
, electrical	...	மின் கடத்தம்	12.1.44
, entropy	...	என்ட்ரபிக் கடத்தம்	9.5.3
, thermal	...	வெப்பக் கடத்தம்	9.4.4
: conversion table	...	,, : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.28
Conference General des Poids et Mesures(CGPM)		அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு மாநாடு	3.1.2
constant	...	மாறிலி	
, Boltzmann	...	போல்ட்சுமான் மாறிலி	13.2.3
, decay	...	சிதைவு (/தேய்வு) மாறிலி	13.4.1
, dielectric	...	மின்கடத்திலி மாறிலி	12.1.6
, dimensional	...	பரிமான மாறிலி	7.1.4
, dimensionless	...	பரிமான மில் மாறிலி	7.2.1
, Dirac	...	டிராக் மாறிலி	12.1.36
, disintegration	...	சிதைவு (/விடுபாட்டு)மாறிலி	13.4.1
, electric	...	மின்சார மாறிலி	12.1.9
, Faraday	...	பேரடே மாறிலி	14.2
, fine structure	...	நுண்ணமைப்பு மாறிலி	5.3.4
, gas constant	...	வளிம மாறிலி	14.2
, gravitational	...	ஈர்ப்பு மாறிலி	7.2.3
, inertial	...	சடமை மாறிலி	7.2.3
, magnetic	...	காந்த மாறிலி	12.1.26
, Planck	...	பிளாங்க் மாறிலி	13.1.3
, rationaliz tion	...	சீராக்க (/ஒழுங்குறுத்த) மாறிலி	12.5.2
, Rydberg	...	ரிட்பெர்க் மாறிலி	13.2.7
, Stefan-Boltzmann	...	ஸ்டெபான்-போல்ட்சுமான் மாறிலி	14.2

current, electric	...	மின்னோட்டம்	12.1.18
: conversion table	...	,, : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.37
balance	...	மின்னோட்டத் துலை	12.0.0
density	...	மின்னோட்ட அடர்த்தி	12.1.19
current ring theory	...	மின்னோட்ட ஆழிக் கொள்கை	12.0.0
curvature	...	வளைவியம்	8.1.4
cusec	...	'கூசெக்'	8.1.3
cycle per second	...	சுற்று நொடிக்கு	8.3.6

D

dalton	...	டால்ட்டன் (அலகு)	13.1.1
Dalton, J	...	J. டால்ட்டன்	13.1.1
day	...	பக்கல் (நாள்)	2.3.8
debye	...	டீபை (அலகு)	13.1.5
Debye, P.J.W.	...	P.J.W. டீபை	13.1 5
De Boer	...	டீ போயர்	14.10
De Broglie wavelength	...	டீ பிராய்ல் அலைநீளம்	13.2.6
decibel	...	டெசிபெல் (பதின்பெல்)	10.2.8
decilit	...	டெசிலிட்	10.2.10
decilog	...	டெசிலாஃ(பதின்மடக்கை)	10.2.10
decilu	...	டெசிலூ	10.2.10
decimal marker	...	பதினக்குறி, பதினப்புள்ளி	6.2.4
decimal multiples of units	...	அலகுகளின் பதினமடங்குகள்	1.5.0
, prefixes for	...	, -உக்கான முன்னொட்டுகள்	1.5.0
decimal system	...	பதினமுறை	1.3.
decimalization of time units	...	காலயிடை அலகைப் பதினமாக்கல்	2.3.10
decimetre, cubic	...	கனடெசி மீட்டர்	8.1.3
decomlog	...	டெகாம்லாஃ	10.2.10
decrement, logarithmic damping	...	மடக்கைத் தடையூட்டக் குறைவு	8.4.20
defining equations	...	வரையறுப்புச் சமன்பாடுகள்	4.2.3
with $K = 1$	...	$K = 1$ என்ற வரையறைச் சமன்பாடுகள்	4.3.4
with $K \neq 1$	...	$K \neq 1$,, ,, ,,	4.3 4
degree	...	பாகை	
, angular	...	கோணப்பாகை	8 2.1
, square	...	சதுரக்கோணப் பாகை	8.2.2
, Baumé	...	பாமே பாகை	14.5.3

dielectric constant ... மின்கடத்திலி மாறிலி 12.1.9
dielectric medium ... மின்கடத்திலி ஊடகம் 12.1.9
diffusion coefficient ... விரவற் குணகம் 8.5.18
diffusivity, thermal ... வெப்ப விரவம் 9.4.5
, molecular ... மூலக்கூற்று விரவம் 13.5.4
dimension (al) ... பரிமான(ம்)
analysis ... பரிமானப் பகுப்பாய்வு 7.5
, use of ... பரிமானப் பகுப்பாய்வின் பயன் 7.5.2
of an angle ... கோணத்தின் பரிமானம் 8.2.
constants ... பரிமான மாறிலிகள் 7.1.1
$K_2 = \epsilon_0, K_5 = \mu_0$ ... பரிமான மாறிலிகள் $K_2 = \epsilon_0, K_5 = \mu_0$ 12.2.3
equation ... பரிமானச் சமன்பாடு 7.1.
of derived units ... வருவித்த அலகுகளுக்கான பரிமானச் சமன்பாடு 7.1.3
formulae ... பரிமான வாய்பாடு 7.1
of derived units ... வருவித்த அலகுகளின் பரிமான வாய்பாடு 7.1.3
dimensionless constants K_1, K_3, K_4, K_5 ... பரிமானமில் மாறிலிகள் K_1, K_3, K_4, K_5 12.2.3
dimensionless numbers ... பரிமானமில் எண்கள் 7.2.3
dimensions ... பரிமானங்கள்
,mechanical ... விசையியல் பரிமானங்கள் 14.6 1
, reduction to ... விசையியல் பரிமானங்களுக்குக் குறைப்பித்தல் 2.5.
, seven ... ஏழு பரிமானங்கள் 4.3.3
, table of ... பரிமானப் பட்டியல்கள் 14.1.5 6
, total number of base ... அடிப்படைப் பரிமானங்களின் மொத்த எண்ணிக்கை 4.3.3
dimensions in esu(3) ... esu(3)-ல் பரிமானம் 12.3.1
dioptre ... டயாப்டர் 11.6.2
dipole moment ... இருமுனைச் சுழலம்
, electric ... மின்சார இருமுனைச்சுழலம் 12.1.10
, magnetic ... காந்த இருமுனைச் சுழலம் 12.1.34
Dirac ... டிராக் 12.1.36
disintegration ... (விடுபாடு), சிதைவு, தேய்வு 13.4.1
displacement ... இடப்பெயர்ச்சி 8.3.1
, electric ... மின்சார இடப்பெயர்ச்சி 12.1.8
: conversion table ... ,, : அலகுமாற்றப் பட்டியல் 14.9.45
distance ... தொலைவு 4.2.2

electric, electfical	...	மின்-, மின்சார-	
capacitance	...	மின்கொண்மம்	12.1.45
constant	...	மின்சார மாறிலி	12.1.9
current	...	மின்னோட்டம்	12.1.18
degree	...	மின்சாரப் பாகை	8.3.7
dipole	...	மின்சார இருமுனை	12.1.20
displacement	...	மின்சார இடப்பெயர்ச்சி	12.1.8
: conversion table	...	,, : அலகு மாற்றப் பட்டியல்	14.9.43
displacement flux	...	மின்சார இடப்பெயர்ச்சிப் பாயம்	12.1.8
: conversion table	...	,,: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.43
field	...	மின்புலம்	12.1.5
field strength	...	மின்புல வலிமை	12.1.6
: conversion table	...	,, : அலகுமாற்றப்பட்டியல்	14.9.44
flux	...	மின்சாரப்பாயம்	12.1.7
flux density-*see* elec-... trical displacement			12.1.8
potential	...	மின்னழுத்தம்	12.1.14
: conversion table	...	,,: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.38
susceptibility	...	மின்சார ஏற்புத்திறன் (உட்படுமை)	12.1.11
electrization	...	மின்னாக்கம்	12.1.13
electrodynamics	...	மின்னியக்கவியல்	
, equations of	...	மின்னியக்கவியல் சமன்பாடுகள்	14.6.2
electrolysis	...	மின்னாற்பகுப்பு (மின் இளக்கம்)	12.0.0
electromagnetic spectrum	...	மின்காந்த அலைநிரல்	11.1.0
electromagnetic system of units (emu)	...	மின்காந்த அலகுதிட்டம் (emu)	12.4.2
electromotive force	...	மின்னியக்குவிசை	12.1.16
electron	...	மின்னி, எலக்ட்ரான்	
charge	...	மின்னி ஊட்டம்	14.2
mass, as standard	...	படித்தரமாக, மின்னியின் நிறை	2.2.10
, mass of	...	மின்னியின் நிறை	14.2
, radius of	...	மின்னியின் ஆரம்	13.1.8
– volt	...	எலக்ட்ரான்வோல்ட்	13.2.1
electrostatic circuit	—	மின்னிலைப்புச் சுற்று	12.1.4
electrostatics	...	மின்னிலைப்பியல்	12.2.1

equations ...	சமன்பாடு(கள்)	
, coherent ...	ஓரியன்மைச் சமன்பாடுகள்	4.3.4
, converting between ...	சமன்பாடுகளுக்கு இடையே மாற்றம்	7.2.3
, defining ...	வரையறுப்புச் சமன்பாடுகள்	4.2.3
, dimensional ...	பரிமானச் சமன்பாடுகள்	7.1.0
of electrodynamics ...	மின்னியக்கவியல் சமன்பாடுகள்	12.7.5
, force ...	விசைச் சமன்பாடுகள்	4.3.2
, measure ...	அளவுச் சமன்பாடுகள்	4.1.1
, man-roentgen ...	மாந்த-ராண்ட்சன் சமன்பாடுகள்	13.3.4
, physical-roentgen ...	உடலியல்-ராண்ட்சன் சமன்பாடுகள்	13.3.4
, quantity ...	கணிசச் சமன்பாடுகள்	4.1.1
, unit ...	அலகுச் சமன்பாடுகள்	4.1.1
equivalent ...	சமனி	
, chemical, gram ...	இயைபச் சமகிராம், இயைபக் கிராம் சமனி	6.5.1
of matter, energy ...	பண்டத்தின், ஆற்றலின் சமனி	13.2.7
volt ...	சமன வோல்ட்	13.2.1
weight ...	சமான எடை	6.5.4
erg ...	எர்கு, எர்கீ	8.4.7
esu, ESU ...	esu, ESU (மின்னிலைப் பலகுகள்)	12.4.0
esu, cgs-Fr nonrationalized systems ...	esu & cgs-Fr சீராக்கமுறாத் திட்டங்கள்	12.4.0
esu (3) ...	esu (3) மூன்றலகு மின்னிலைப்பியல் திட்டம்	12.3.1
esu, emu subscripts ...	esu, emu துணைக்கீழ்க் குறிகள்	12.3.1
esu (3) & esu (4) ...		12.3.1,2
esu (4) & emu (4) ...		12.4.3
ether, density of ...	ஈதரின் அடர்த்தி	11.0.0
etymology of 'metre' ...	மீட்டரின் சொல்வரலாறு	2.1.8
expansion coefficient ...	விரிவுக் குணகம்	9.1.1
expansivity ...	விரிவம்	9.1.1
exposure ...	திறப்பளவு	11.3.10
exposure (radiation) dose ...	கதிர்ப்பத் திறப்பளவு	13.3.4
extension, coefficient of ...	அகற்சிக் குணகம்	8.5.7

F

focal length ...	குவியத்தொலைவு	11.6.1
foot ...	அடி	8.1.1
, square ...	சதுர அடி	8.1.2
foot lambert ...	அடி லேம்பர்ட்	11.3.7
foot pound second system ...	அடி பவுண்டு நொடித் (fps) திட்டம்	5.1.5
foot pound force second system ...	அடி பவுண்டு விசை நொடித் திட்டம்	5.2.1
force ...	விசை	8.4.2
, Coulomb ...	கூலும் விசை	12.2.1
, dipole ...	இருமுனை விசை	12.1.37
force : conversion table ..	விசை : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.15
force between electric currents ...	மின்னோட்டங்களுக்கு இடையிலான விசை	12.0.0
force equations ...	விசைச் சமன்பாடுகள்	4.3.2
Franklin, Benjamin ...	பெஞ்சமின் பிராங்க்ளின்	12.4.1
frequency ...	அடுக்கம், அதிர்வம்	8.3.6
frequency intervel ...	அதிர்வ இடைவெளி	14.5.5
: conversion table ...	,, : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.33
Fresnel, A. J. ...	A. J. பிரனெல்	8.3.6
frico-its etymology ...	உராய்-சொல்விளக்கம்	8.4.11
friction ...	உராய்வு	8.4.10
funam (Latin) ...	கயிறு	8.4.2
fundamental constants ...	அடிப்படை மாறிலிகள்	14.2.0
fundamental units ...	அடிப்படை அலகுகள்	4.2.1

G

gal ...	கால்	8.3.2
Galileo ...	கலிலியோ	2.0.0
galvat ...	கால்வட்	12.0.0
gamma (a unit of mass) ...	காம்மா (நிறையலகு)	8.4.1
gamma ray (γ-ray) ...	காமாக்கதிர் (உகரக்கதிர்)	13.4.0
gas constant, universal ...	அனைத்துப் பொதுவளிம மாறிலி	14.2.0
gas, ideal ...	ஏடலிக வளிமம்	2.4.7
gauss (unit) ...	கௌசு (அலகு)	14.8.1
Gauss, K. F. ...	K. F. கௌசு	5.1.1
Gaussian curvature ...	கௌசிய வளைவியம்	8.1.4

H

heat flux	...	வெப்பப் பாய்வு	9.4.1
: conversion table	...	: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.29
, surface density of	...	வெப்பப் பாய்வின் பரப்படர்த்தி	9.4.2
heat transfer coefficient	...	வெப்ப மாற்றுதற் குணகம்	9.4.6
heat engine, ideal	...	ஏடலிக வெப்ப எந்திரம்	2.4.7
Heaviside–Lorentz system of Units-HLU	...	எவிசைடு-லாரண்ட்சு அலகுத் திட்டம்-HLU	12.5.3
Heaviside, Oliver	...	ஆலிவர் எவிசைடு	12.5.2
Hefner candle	...	எவ்னர் காந்தில்	11.3.1
Hefnerterse	...	எவ்னர்டெர்ஸ்	11.3.1
helium scale of temperature	...	எல்லிய வெப்பநிலை அளவன்	2.4.10
henry	...	என்ரி	12.1.46
Henry, Joseph	...	சோசப் என்ரி	12.1.46
hertz	...	எர்ட்சு	8.3.6
Hertz, Heinreich R.	...	எய்ன்ரிச் R. எர்ட்சு	8.3.6
HLU of charge	...	மின்னூட்டத்துக்கான HL அலகு	12.5.3
Hollaway, H. C.	...	H. C. அல்லோவே	13.1.9
hour	...	மணி	2.3.10
horse power	...	குதிரைத்திறன்	8.4.9
Hughes, M.N.	...	M. N. ஃயூகெஸ்	14.10.0
Huygens, Christian	...	கிறிஸ்டியன் ஹைஜீன்ஸ்	11.0.0

I

ice point	...	பனிநிலைப் புள்ளி	2.4.4
IEC	...	IEC அனைத்துநாட்டு மின் நுணுக்கக் குழு	3.4.1
illuminance	...	ஒளிர்வியம், ஒளிர்வம்	11.3.7
illumination	...	ஒளியூட்டம்	11.3.8
, quantity of	...	ஒளியூட்ட அளவு	11.3.9
, radiant	...	கதிர்ப்ப ஒளியூட்ட அளவு	11.4.9
impedence	...	தடையூட்டம்	
, acoustic	...	ஒலித் தடையூட்டம்	10.2.12
, electrical	...	மின்சாரத் தடையூட்டம்	
, mechanical	...	விசையியத் தடையூட்டம்	10.2.13
, wave	...	அலைத் தடையூட்டம்	
impulse	...	கணத்தாக்கு	8.4.3
moment of force	...	விசைச் சுழலத்தின் கணத் தாக்கு	8.4.5

International Electro-technical Commission ...	அனைத்துநாட்டு மின்னுணுக்கக் குழு	3.4.1
International Committee on Weights and Measures ...	அனைத்துநாட்டு அளவீட்டுக் குழு	3.1.1
International metric convention ...	அனைத்துநாட்டு அளவீட்டு அமைப்பு	3.1.1
International Organisation for Legal Metrology-OIML ...	வழக்கமுறை அளவீட்டுக்கான அனைத்துநாட்டு நிறுவனம்	3.4.1
International Organisation for Standardization ISO ...	படித்தரமாக்கலுக்கான அனைத்துநாட்டு அமைப்பு	3.2
International Prototype kilogram ...	அனைத்துநாட்டு மூல முன்-மாதிரிக் கிலோகிராம்	2.2.6
International System of Units ...	அனைத்துநாட்டு அலகுத் திட்டம்	6.0.0
International thermodynamic temperature scale of 1948 ...	1948-ன் அனைத்துநாட்டு வெப்பவியக்க வெப்பநிலை அளவன்	2.4.8
International Union of Pure and Applied Physics, Chemistry ...	இலக்கணிய மற்றும் பயன் பாட்டுப் பூதவியலுக்கான/ இயைபியலுக்கான அனைத்துநாட்டு ஒன்றியம்	3.2.1
International Union of Solar Research–IUSR ...	சூரிய ஆராய்ச்சிக்கான அனைத்துநாட்டு ஒன்றியம்	8.1.1
International units ...	'பன்னாட்டு' அலகுகள்	12.4.5
intrinsic impedence of vacuum ...	வெற்றிடத்தின் உள்ளகத் தடையூட்டம்	
interval ...	இடை, இடைவெளி	
, frequency: conversion table ...	அதிர்வவிடை: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.5.3
, musical ...	இசைச்சுரவிடை	14.5.5
, time ...	காலவிடை	2.3.0
ions ...	அயனிகள்	13.3.0
ionization coefficient, volume electronic ...	பருமமின்னியிய அயனியாக்கக் குணகம்	13.5.1
irradiance ...	கதிர்ப்பூட்டம்	11.4.8
Irwin, K. G. ...	K.G. இர்வின்	14.10
isotope ...	ஓரிடணு, ஐசோடோப்	2.2.14
ISI ...	இந்தியப் படித்தர நிறுவனம்	3.6.1

J

K

L

Lambert source	...	லேம்பர்ட் மூலம்	11.3.7
Laplace	...	லேப்லேஸ்	2.1.6
large dyne	...	பெரும் டைன்	8.4.2
laser as future length standard	...	எதிர்கால நீளப்படித்தரம் : லேசர்	2.1.15
latent heat	...	மறைவெப்பம்	9.3.8
Lavoisier	...	லவாய்சியர்	2.1.6
law	...	நெறி	
, Coulomb's	...	கூலும் நெறி	12.2, 12.1.38
, Hookes	...	கூக் நெறி	8.4.12
. Lambert	...	லேம்பர்ட் நெறி	11.3.7
. Newton's second	...	நியூட்டனின் இரண்டாம் நெறி	7.1.2
of thermodynamics	...	வெப்ப இயக்கவியல் நெறி	2.4.7
of universal gravitation	...	அனைத்து ஈர்ப்ப நெறி	7.2.3
Leibinitz	...	லீபினிட்ஸ்	2.3.0
length	...	நீளம்	8.1.1
: conversion table	...	நீளம்: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.1
lens power	...	வில்லைத் திறன்	11.6.2
lentor	...	லென்ட்டார்	8.5.15
Lenz, lenz	...	லென்ஸ், லென்ஸ் (அலகு)	12.1.24
level	...	மட்டம்	
, sound intensity	...	ஒலிச்செறிவு மட்டம்	10.2.8
, sound pressure	...	ஒலியழுத்த மட்டம்	10.2.1
life time of particle	...	துகளின் வாழ்நாள்	13.1.7
,mean	...	துகளின் நடுமதிப்பு வாழ்நாள்	13.1.7
Lighthill, M. J.	...	M.J. லைட்ஹில்	6.0.0
light and light radiation	...	ஒளியும் ஒளிக்கதிர்ப்பும்	11.3.0
light, subjective and objective characteristics	...	ஒளியின் சார்புற்ற, சார்பற்ற பண்புகள்	11.5.0
light year	...	ஒளியாண்டு	8.1.1
linear velocity	...	நீளவாகு கதி	8.3.9
lines of force	...	விசைக்கோடுகள்	12.1.21
Linnaes	...	லின்னாஸ்	2.4.4
liquid pressure : conversion table	...	நீர அழுத்தம் : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.14
litre	...	லிட்டர்	8.1.3
litre, its etymology	...	லிட்டர்: அதன் சொல் வரலாறு	2.1.9
litre atmosphere	...	லிட்டர்-நிலவளி	8.4.7

magnetic		
field ...	காந்தப்புலம்	12.1.21
field strength ...	காந்தப் புலவலிமை (அ) செறிவு	12.1.24
: conversion table ...	: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.49
flux ...	காந்தப்பாயம்	12.1.22
: conversion table ...	: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.46
flux density ...	காந்தப்பாய அடர்த்தி	12.1.23
: conversion table ...	: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.46
moment ...	காந்தச் சுழலம்	12.1.35
permeability ...	காந்தப் புக்கியன்மை	12.1.25
pole ...	காந்தமுனை	12.1.36
potential ...	காந்த நிலைப்பாற்றல்	12.1.29
magnetic constant, numerical value, measure of ...	காந்த மாறிலியின் எண் மதிப்பு அளவு	12.1.26
magnetic constant, electric constant and velocity of light ...	காந்த மாறிலி, மின்சார மாறிலி, ஒளியின் கதி	12.1.26
magnetic moment and mechanical moment ...	காந்தச் சுழலமும் விசையியற் சுழலமும்	12.1.35
magnetic moment ...	காந்தச் சுழலம்	
:Kennelly suggestion ...	: கென்னெல்லி பரிந்துரை	12.1.35
: Sommerfield suggestion ...	: சோமர்பீல்டு பரிந்துரை	12.1.40
magnetising force ...	காந்தவாக்கு விசை	
: conversion table ...	: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.49
magnetism ...	காந்தம், காந்தவம்	
magnetization ...	காந்தவாக்கம்	12.1.32
magnet omotive force ...	காந்த இயக்குவிசை	12.1.28
: conversion table ...	: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.48
magneton ...	மேக்னெட்டான், மேஃனெட்டான்	13.1.4
, Bohr ...	போஃர் மேக்னெட்டான்	13.1.4
, nuclear ...	அணுக்கரு மேக்னெட்டான்	13.1.4
magnetostatics ...	காந்தநிலைப்பியல்	12.1.35
Malikov, M.F. ...	M.F. மாலிக்கோவ்	2.2.12
Mars ...	மார்ஸ்	14.10.0
mass ...	நிறை, பொருண்மை	
, atomic unit of ...	அணுநிறையலகு	2.2.14
, chemical unit of ...	இயைபிய(/வேதிய) நிறை	2.2.14

mechanical SI units ...	விசையியல் SI அலகுகள்	8.0.0
mechanical units, British ...	பிரித்தானிய விசையியல் அலகுகள்	8.0.0
mechanics ...	விசையியல்	8.4.0
medicine, SI units in ...	மருத்துவத்தில் SI அலகுகள்	6.6.3
Meggers, William F ...	வில்லியம் F மெஃகெர்	2.1.13
Mendeleef, D.I. ...	D.I. மெண்டலீவ்	3.1.5
mercury spectrum ...	இதள் அலைநிரல்	2.1.13
mercury as thermo metric fluid ...	வெப்பநிலைமானி நீரம் ஆக இதளின் சிறப்பு	2.4.3
mes (*m*etre per *s*econd) ...	mes	8.3.1
meter ...	மீட்டர், மானி	2.1.8
metre ...	மீட்டர்	2.1.11
, cubic ...	கனமீட்டர்	8.1.3
: its etymology ...	மீட்டர் : அதன் சொல் வரலாறு	2.1.8
, inverse ...	தலைகீழ் மீட்டர்	8.1.4
: krypton-86 standard ...	மீட்டர் : கரப்பன்-86 படித்தரம்	2.1.14
, reciprocal ...	பரிமாற்று(/தலைகீழ்) மீட்டர்	8.1.4
, round ...	வட்டமீட்டர்	12.5.1
, square ...	சதுர மீட்டர்	12.5.1, 8.1.2
, of open window ...	திறந்த பலகணிச் சதுர மீட்டர்	10.4.2
of time ...	காலத்தின் மீட்டர்	2.3.9
metre des Archives ...	பழம்பொருள் காட்சியக மீட்டர்	2.1.11
metre gram second (mgs) system ...	மீட்டர் கிராம் நொடித் திட்டம்	5.1.5
metre kilogram force second system (m)kgf)s ...	மீட்டர் கிலோகிராம் விசை நொடித் திட்டம்	5.2.1
metre kilogram second (mks) system ...	மீட்டர் கிலோகிராம் நொடித் திட்டம்	5.1.4
metre ton second(mts) ...	மீட்டர் டன் நொடி (mts) திட்டம்	5.1.3
metre vrai definitif ...	மெய்யான அறுதியான மீட்டர்	2.1.7
metrication ...	மெட்ரிக் ஆக்கம், (பதினப் படுத்தல்)	6.0.0
metric slug ...	மெட்ரிக் ஸ்லஃ	2.2.12
metric system ...	மெட்ரிக் திட்டம்/பதினமுறை	5.0.0
metrology ...	அளவியல்	4.0.0

N

numerals		
: Tamil nomenclature ...	தமிழ் எண்களின் பெயரீடு	1.3.1
numerical relations between units ...	அலகுகளுக்கு இடையிலான எண்ணியல் தொடர்பு	4.1.2
numerical values (measures) of constants ε_0, μ_0 ...	ε_0, μ_0 மாறிலிகளின் எண்மதிப்பு (அளவு)	12.1.26
numeric ...	அளவிடு எண்	4.2.3

O

OAsm system ...	OAsm அலகுத்திட்டம்	12.6.8
octave ...	எண்மம், ஆக்டேவ்	10.3.1
oersted ...	எர்ஸ்டெட்	12.4.2 (18)
Oersted, J. C. ...	J.C. எர்ஸ்டெட்	12.0.0
ohm ...	ஓம்	12.1.41
, mec- ...	மெக் ஓம், விசைய ஓம்	10.2.14
, acoustic (acohm) ...	ஒலியியல் ஓம், அக் ஓம்	10.2.12
, international ...	பன்னாட்டு ஓம்	12.4.5
, mechanical ...	விசையியல் ஓம்	10.2.14
Ohm, G. S. ...	G. S. ஓம்	12.1.41
ohma ...	ஓமா (மின்னழுத்த அலகு)	12.1.17
oscillation(s) ...	அலைவு	
, acoustic ...	ஒலி அலைவு	10.1.0
, dynamic characteristics of ...	அலைவின் இயக்கப் பண்புகள்	8.4.20
, sound ...	ஒலி அலைவு	10.1.0
Ostwald ...	ஆஸ்வால்டு	2.2.14
ounce ...	அவுன்சு	8.4.1
overload ...	மேற்சுமை	8.3.2

P

Padua University ...	பாடுவாப் பல்கலைக்கழகம்	2.4.2
pair numeral system ...	சோடி எண்மான முறை	1.2.1
par ...	பார்	2.2.12
parameter ...	வேறி	5.3.4
parentheses ...	பிறைக்கட்டு, பிறையடைப்பு	
Paris ...	பாரிஸ், பாரிசு	2.1.6
Parker, H. M. ...	H.M. பார்க்கர்	12.3.4
Parpola, Dr. Asko ...	பர். அசுக்கோ பாற்போலா	2.3.1
parsec ...	பார்செக்	8.1.1

Poiseuille, J. L. M.	...	J. L. M. பாய்சூல்	8.5.13
Poisson's ratio	...	பாய்சான் தகவு	8.5.10
polarizability	...	முனைவாகியன்மை	
polarization	...	முனைவாக்கம்	
, electric	...	மின்சார முனைவாக்கம்	12.1.10
, molecular	...	மூலக்கூற்று முனைவாக்கம்	13.1.6
pole	...	முனை	
, magnetic	...	காந்தமுனை	12.1.34
potential	...	மின்னழுத்தம், நிலைப்பாற்றல்	
: conversion table	...	: அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.38
difference	...	மின்னழுத்த வேறுபாடு	12.1.15
, electric	...	மின்னழுத்தம்	12.1.14
, field	...	புல அழுத்தம்	
, magnetic	...	காந்த அழுத்தம்	12.1.29
pound	...	பவுண்டு	8.4.1
poundal	...	பவுண்டல்	8.4.2
power	...	திறன்	8.4.9
: conversion table	...	திறன் : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.20
, lens	...	வில்லைத்திறன்	11.6.2
ratio	...	திறன்தகவு	10.2.11
, total absorbing	...	மொத்த உட்கவர் திறன்	10.4.5
Practical system	...	நடைமுறைத் திட்டம்	12.6.0
prefix 'ab'	...	'சாரா' (ab) - முன்னொட்டு	12.4.2(18)
prefixes for decimal multiples of units	...	அலகுகளின் பதின மடங்குகளுக்கான முன்னொட்டு	1.5.1
: their morphology	...	: அவற்றின் சொல்வரலாறு	1.5.2
prefix 'stat'	...	நிலை, நிலைப்பு (stat) முன்னொட்டு	12.4.1
pressure	...	அழுத்தம்	
, atmospheric	...	நிலவளியழுத்தம்	8.4.5
coefficient	...	அழுத்த (விரிவு)க் குணகம்	9.1.2
: conversion table	...	அழுத்தம் : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.18
, liquid : conversion table	...	நீர அழுத்தம் : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.19
, normal	...	இயல் நிலவளியழுத்தம்	8.4.5
, reduced : conversion table	...	குறைப்பித்த அழுத்தம் : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.23

R

r subscript	...	*r* துணைக்கீழ்க்குறி	12.2.3
rad	...	ரேட்	13.3.4
radian	...	(ஆரயன்) ரேடியன்	8.2.1
radiance	...	கதிர்ப்பியம்	11.4.6
radiant emittance	...	கதிர்ப்ப உமிழ்வம்	11.4.5
radiant energy	...	கதிர்ப்ப ஆற்றல்	11.4.1
density	...	கதிர்ப்ப ஆற்றலடர்த்தி	13.3.3
flux	...	கதிர்ப்ப ஆற்றல் பாயம்	11.4.3
flux density	...	கதிர்ப்பப் பாய அடர்த்தி	11.4.6
along λ & f	...	λ, f வழியில் கதிர்ப்பப் பாய அடர்த்தி	11.4.12,13
radiant illuminance	...	கதிர்ப்ப ஊட்டம்	11.4.8
radiant intensity	...	கதிர்ப்பச் செறிவு	11.4.1
radiation	...	கதிர்ப்பு	
coefficient : conversion table	...	கதிர்ப்பக் குணகம் : அலகுமாற்றப் பட்டியல்	14.9.31
ionizing	...	அயனிக்கும் கதிர்ப்பு	13.3.0
intensity	...	கதிர்ப்பச் செறிவு	13.3.2
radiation dose	...	கதிர்ப்ப அளவு	13.3.0
rate	...	கதிர்ப்ப அளவுமேனி	13.3.6
, power of	...	கதிர்ப்ப அளவுத்திறன்	13.3.5
radioactive emanation	...	கதிரியக்க வெளிப்பாடு	13.4.2
radioactive preparation, concentration of	...	கதிரியக்கப் பொருளின் செறிவு	13.4.3
radionuclide activity	...	கதிரியக்க நியூக்ளைடு செயலூக்கம்	6.1.2
radium	...	ரேடியம்	
, milligram equivalent of	...	ரேடியத்தின் மில்லிகிராம் சமனம்	13.3.6
radius	...	ஆரம்	
of curvature	...	வளைவாரம்	8.1.4
of electron	...	மின்னி (எலக்ட்ரான்) யின் ஆரம்	14.2
of earths orbit about the sun	...	சூரியனைப்பற்றிய பூமிச் சுற்றுப்பாதை ஆரம்	2.3.5
of first Bohr Orbit	...	முதல் போஃர் சுற்றுப்பாதை ஆரம்	13.1.4
radlux	...	ரேட்லக்ஸ்	11.3.5
radphot	...	ரேட்போட்	11.3.5
Ramasamy, G₃	...	G₃ ராமசாமி	14.10.0

resistivity : conversion table	... மின்தடையம் : அலகு மாற்றப் பட்டியல்	14.9.40
rest mass of electron	... மின்னியின் அமைதிநிறை	13.1.1
Reumer La de	... லா டெ ரோமர்	2.4.5
Reumer temperature scale	... ரோமர் வெப்பநிலை அளவன்	2.4.5
revolution	... சுழற்சி	
rhe	... ரீ	8.5.14
Rhys Lewis	... ரைஸ் லீவிஸ்	14.10
Rinieri	... ரீனியெரி	2.4.2
roentgen	... ராண்ட்சன்	13.3.4
Roentgen, W. C.	... W.C. ராண்ட்சன்	13.3.4
roentgen per hour metre—rhm	... மணிமீட்டருக்கு ராண்ட்சன்	13.3.6
Rome, university of	... ரோம் பல்கலைக்கழகம்	6.0.0
rowland	... ரௌலண்ட்	8.1.1
Royal Society, Paris	... பாரிசு அரையக் கழகம்	2.4.4
rum	... ரம்	8.4.5
Rumford, Count	... ரம்போர்டு கோமகன்	9.2.0
rutherford	.. ரூதர்போர்டு	13.4.1
rydberg	... ரிட்பெர்க்	13.2.7
Rydberg constant	... ரிட்பெர்க் மாறிலி	13.2.7

S

Sabine, Wallace C.	.. வாலஸ் சேபைன்	10.4.5
Sabine's relation	... சேபைன் சார்பு	10.4.8
Sampath, S.	... ச. சம்பத்து	14.10
sand glass	... மணற்கடிகை	2.3.3
Saudi Carnot	... சாடி கார்னோ	2.4.7
Savart, F.	... F. சேவர்ட்	10.3.1
savart	... சேவர்ட் (அலகு)	10.3.1
scale(s)	... அளவன், அளவன்கள்	
, Beaufort	... போபோர்ட் அளவன்	14.5.7
, Baume	... பாமே அளவன்	14.5.3
, musical	... இசைச்சுர அளவன்	14.5.3
, natural	... இயற்சுர அளவன்	14.5.4
, temperature	... வெப்பநிலை அளவன்	2.4.7
science fiction	... அறிவியல் கதைப்புகள்	14.10

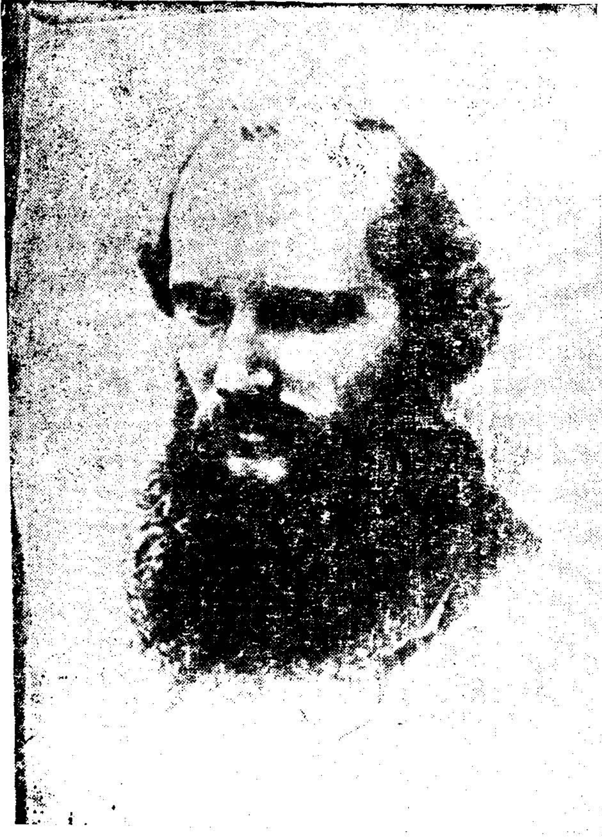
T

U

unit(s)

, acoustic ...	ஒலியியல் ,,	10
of angle, solid angle ...	கோண, திண்மக்கோண ,,	8.2.1
, atomic mass ...	அணுநிறை யலகு	2.2.13
, base ...	அடிப்படை ,,	4.2.1
, number of ...	அடிப்படை அலகின் எண்ணிக்கை	4.3.3
, selection of ...	அடிப்படை அலகுகளைத் தேர்தல்	4.4.0
, British ...	பிரித்தானிய அலகுகள்	5.1.5
, British mechanical ...	பிரித்தானிய விசைய அலகு	5.1.5
, British thermal ...	பிரித்தானிய வெப்ப அலகு	9.2.1
, cgs ...	cgs அலகு	5.1.2
, cgs practical ...	cgs நடைமுறை யலகு	12.4.5
, coherent and incoherent ...	ஓரியன்மை, வேறியன்மை யலகுகள்	4.3 4
, constant derived base ...	மாறிலியிலிருந்து வருவித்த அடிப்படையலகு	8.2.1
, contrary to SI ...	SI-க்கு முரணான அலகுகள்	6.1.5
, conversion of ...	அலகு மாற்றம்	7.2.0
, decimal multiples and submultiples of ...	அலகுகளின் பதின மடங்குகளும் பின்னங்களும்	1.5.1
, derived ...	வருவித்த அலகுகள்	4.2.2
, designation of ...	வருவித்த அலகின் பெயரீடு	4.2.8
, dimension formula of ...	அலகுகளின் பரிமான வாய்பாடு	7.1.3
, dimensionless ...	பரிமானமில் அலகு	8.2.1
, distinctive names of ...	அலகுகளின் விளக்கமான பெயர்கள்	14.3.0
, dynamic ...	விசையியக்கவியல் அலகுகள்	8.4.0
, electrical ...	மின்சார ,,	12.1
, emu; esu ...	emu; esu ,,	12.4.1,2
, fundamental ...	அடிப்படை ,,	6.1.1
, Gaussion ...	கௌசிய ,,	
, geometrical ...	வடிவியல் ,,	8.1.0
, gravitational ...	ஈர்ப்பு ,,	8.0.0
, Hansen ...	ஆன்சென் ,,	12.4.5
of heat ...	வெப்பத்தின் ,,	9.2.1
of illumination ...	ஒளியூட்டத்துக்கான ,,	11.3.0
, illumination engineering ...	ஒளியூட்டக் கம்மிய ,,	11.3.0

English	Tamil	Section
water dial ...	நீர்க்கடிகை	2.3.3
water equivalent ...	வெப்பச் சமநீர்	9.3.3
water, triple point of ...	நீரின் மும்மைப்புள்ளி	2.4.8
watt ...	வாட் (அலகு)	8.4.7
watt, international ...	பன்னாட்டு வாட் (உவாட்)	8.4.9
Watt, James ...	சேம்சு வாட் (உவாட்)	12.4.5
wave ...	அலை	
, acoustic ...	ஒலியலை	10.1.0
, electro magnetic ...	மின்காந்த அலை	11.1
equation ...	அலைச் சமன்பாடு	10.1
impedence of vacuum ...	வெற்றிடத்தின் அலைத் தடையூட்டம்	
wavelength (sound) ...	(ஒலி) அலைநீளம்	10.1.1
(standard metre) ...	அலைநீளம் (படித்தர மீட்டர்)	
wave motion, definitions ...	அலையியக்கம்	10.1.0
, objective charac-teristics ...	அலையியக்கத்தின் சார்பிலாப் பண்புகள்	10.2
wave number ...	அலை எண்	11.1.1
wave velocity ...	அலைக் கதி	10.1.6
weber ...	வீபர்	12.1.22
Weber, E. ...	E. வீபர்	12.1.22
weber (unit of current) ...	வீபர் (மின்னோட்ட அலகு)	12.0.0
Webster ...	வெப்ஸ்டர்	10.2.12
weight ...	எடை	
, atomic ...	அணு எடை	6.5.1
, molecular ...	மூலக்கூற்று எடை	8.5.4
, specific ...	எடையடர்த்தி	8.5.3
weights and measures ancient ...	பழைமை அளவீடு	2.2.3
Act 1956, the standards of ...	1956-ன் அளவீட்டுப் படித்தரச் சட்டம்	5.0.0
weights and measures in Tamilnadu ...	தமிழகத்தின் எடை, அளவுகள்	2.2.2
the first usage of such phase ...	எடை, அளவு என்னும் தொடரின் முதல் பயன்படுத்தம்	2.2.2
Weiss ...	வீய்சு	13.1.4
Wien displacement law ...	வியன் இடப்பெயர்ச்சி நெறி	
Wien spectral distri-bution law ...	வியன் அலைநிரல் பரத்தீட்டு நெறி	



உருவப்படம் 1

கெல்வின் கோமகன்
(Lord Kelvin William Thomson, 1824—1907)

பிரித்தானியப் பூதவியலர்; சேம்சு பிரசுகாட் சௌலுடன் பல செய்முறைத் தொடர் ஆய்வுகளை 1852-1862-ல் நிகழ்த்தியவர்; வெப்ப இயக்கவியல் ஆய்வுகளின் முன்னோடி. கோமகன் பட்டம் சூட்டும்பொழுது தமது ஊரின் 'கெல்வின்' என்னும் ஆற்றின் பெயரை மேற்கொண்டார்.

பொருள்-பண்பு எதனையும் சாராத வெப்பநிலை அளவனைப் பரிந்துரைத்தவர். எனவே, வெப்பநிலை அலகு 'கெல்வின்' என வழங்கப்பட்டது.

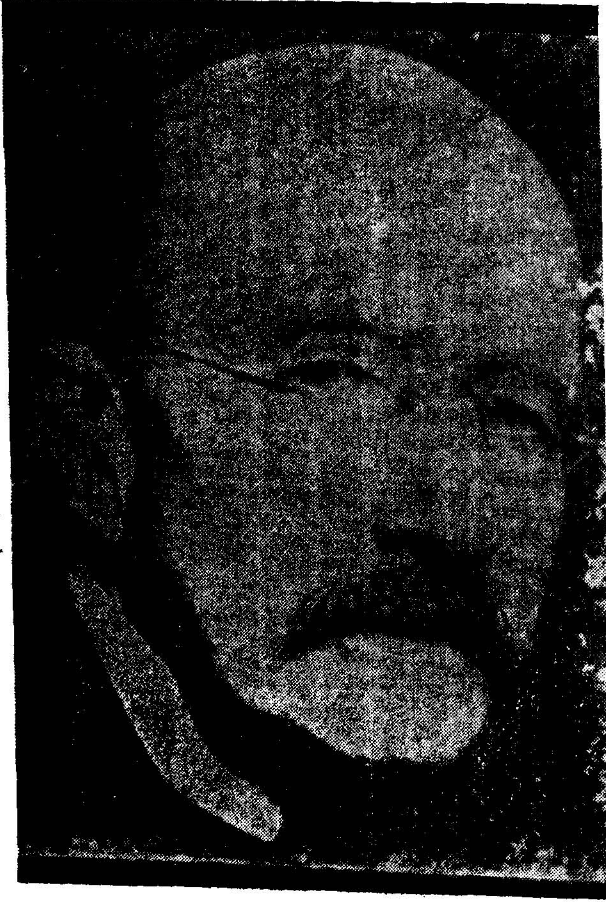


உருவப்படம் 2

கார்ல் பிரடெரிக் கௌசு
(Karl Friedrich Gauss, 1777—1855)

செர்மானியர். கணிதம், பூதவியல், வானநூல் வல்லுநர். அளவீட்டுப் பிழைகளை ஆராய்ந்து அதன் பரத்திட்டை முன்னுரைத்தவர்; செய்முறை முடிபுகளுக்குச் சார்புக்கோட்டை ஈடுறுத்தும் சிறும இருபடி (least square) முறையை நிறுவியவர்; தலைகீழ் இருபடிப் பொது நெறிமுறையை 1839-ல் வெளியிட்டவர்.

சார்பிலா அலகு நெறிமுறையின் காரணவான் இவரே. காந்தப்புல அடர்த்திக்கான cgs அலகு கௌசு.



உருவப்படம் 3

மேஃசு பிளாங்க்

(Max Planck, 1858—1947)

செர்மானியப் பூதவியலர்; வெப்ப இயக்கவியல் வல்லுநர்; 20ஆம் நூற்றாண்டின் அறிவியல் மலர்ச்சியான குவான்டம் கொள்கையின் தந்தை. அதற்காக 1918-ல் நோபல் பரிசைப் பெற்றார். பிளாங்கின் குவான்டம் கொள்கையைச் சுவிட்சர்லாந்தில் எழுத்தராய் இருந்த ஐன்ஸ்டீன் மேற்கொண்டு தம் சார்புக் கொள்கையை அறிவித்தார்.

ஒரு நொடிக்கு ஒரு சௌல்-ஆன செயற்பாட்டு அலகுக்குப் பிளாங்க் பெயர் 1946-ல் பரிந்துரைக்கப்பட்டது.

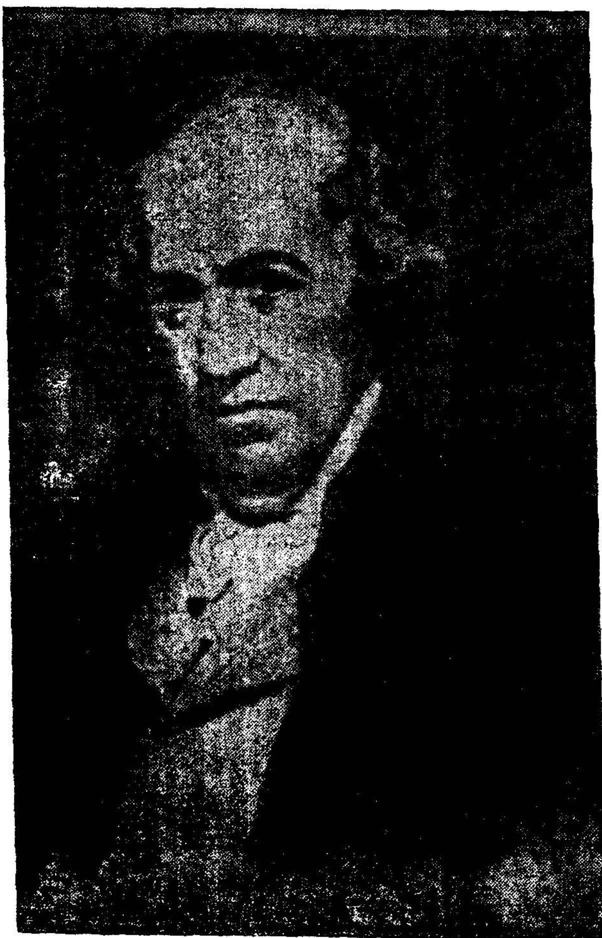


உருவப்படம் 4

எய்ன்ரிக் ருடால்ப் எர்ட்சு
(Heinrich Rudolf Hertz, 1857—1894)

செர்மானியப் பூதவியலர். மின்காந்த அலைகளைச் செயற்கையாக உலகில் உருவாக்கிய முதல்வர் (1888). இது மேக்சுவெல்லின் மின்காந்தக் கொள்கைக்கு வலுவூட்டியது; செய்தித் தொடர்பைப் புரட்சிகரமாக எளிதாக்கியது. அதிர்வுக்கான அலகு இவரது பெயரில் 'எர்ட்சு' எனப்பட்டது. இவர் தமது 37ஆம் ஆண்டில் குருதிப் பிணியால் மாண்டார்.

மற்றொரு நோபல் பரிசாளரான குஸ்டாவ் எர்ட்சு (Gustav Hertz) இவரின் அண்ணன் மகன்.



உருவப்படம் 5

சேம்சு வாட்

(James Watt, 1736—1819)

ஸ்காட்லாந்துக் கம்மியர்; நீராவி எந்திரத்தைச் செம்மைப்படுத்தியவர்; கருவியாக்கத்துறை வல்லுநர்; கிளாஸ்கோ பல்கலைக்கழகக் கணக்கியல் கருவியாக்குநர்.

'வாட்' திறனின் அலகு ஆகும்.



உருவப்படம் 6

ஆந்த்ரே மேரி ஆம்ப்பியர்
(Andre Marie Ampere, 1775—1836)

பிரெஞ்சுப் பூதவியலர்; மின்னியக்க இயலின் முன்னோடி; 'மின்காந்த இயலின் நியூட்டன்' என அழைக்கப்பட்டவர்.

$$df = (\mu_0 \mu_r)\ HIdl \sin(Hdl)$$

என்னும் வாய்பாட்டின் தொடக்க வடிவத்தை வழங்கியவர். பாரிசில் கணிதப் பேராசிரியர் ஆகவும், பூர்ஃ (Bourg) பல்கலைக்கழகத்தில் பூதவியல் பேராசிரியராகவும் (1801-03) பணியாற்றியவர்.

மின்னோட்ட அலகு 'ஆம்ப்பியர்' பெயரில் அமைந்தது.



உருவப்படம் 7

சார்லஸ் அகஸ்டீன் கூலும்

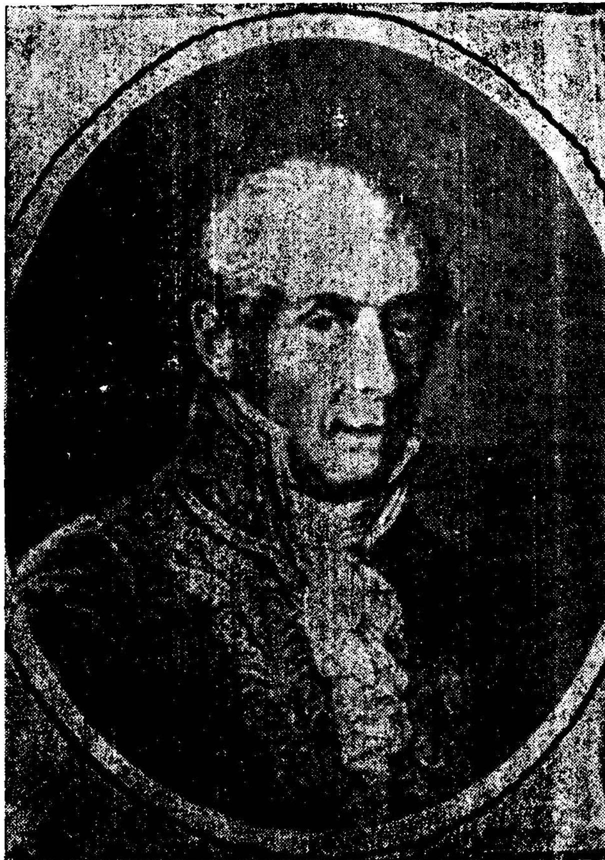
(Charles Augustin de Coulomb, 1736—1806)

பிரெஞ்சுப் பூதலியலர்; முறுக்குத் துலையின் உதவியால் மின்னூட்டங்களுக்கு இடையில் ஆன விசையை,

$$\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

என அளந்து தீர்மானித்தவர். 'இலகு எந்திரங்களின் தெரியியல்' (**The Theory of Simple Machines**) என்னும் நூலை 1779-ல் வெளியிட்டவர்.

'**கூலும்**' மின்னூட்டத்துக்கான அலகு.

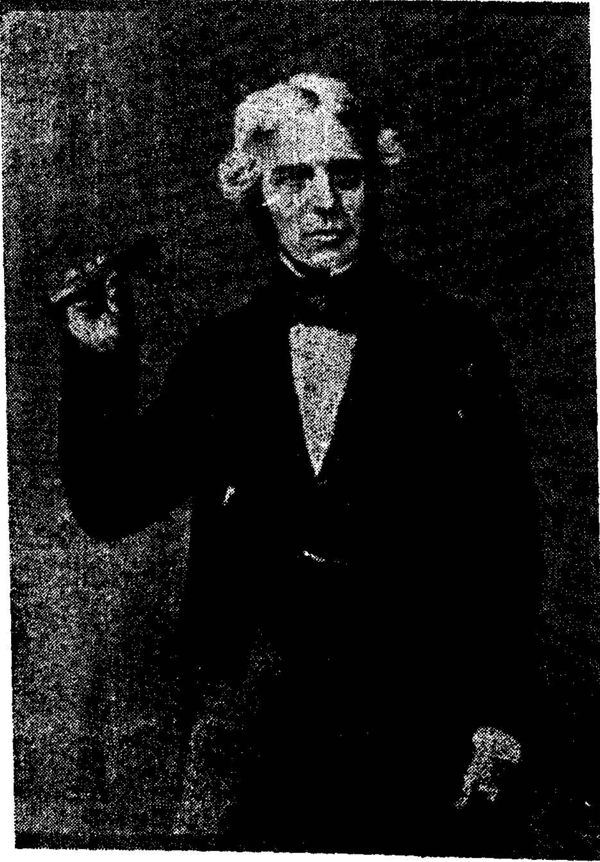


உருவப்படம் 8

அல்லசாண்ட்ரோ வோல்ட்டா
(Alessandro Volta, 1745–1827)

இத்தாலியப் பூதவியலர்; வோல்ட்டா அடுக்கையும் மின்காட்டியையும் கண்டுபிடித்தவர்; மின்னோட்ட இயலின் தொடக்ககால வளர்ச்சியில் குறிப்பிடத்தக்கவர். தமது 33ஆம் அகவையில் பாவியா (Bavia) பல்கலைக்கழகப் பூதவியல் பேராசிரியர் ஆனவர்.

மின்னழுத்தத்துக்கான அலகு இவர் பெயரில் 'வோல்ட்' எனப்பட்டது.



உருவப்படம் 9

மைக்கேல் பேரடே

(Michael Faraday, 1791—1867)

பிரிட்டனில் அரையக் கழகத்தில் (Royal Society) குடுவை கழுவுநர் ஆகப் பணியைத் தொடங்கி, ஆசிரியர் அம்ப்பிரிதேவியின் பின் அதன் ஆராய்ச்சித் துறைத் தலைவராக உயர்ந்த கடும் உழைப்பாளி; மின்காந்தத் தூண்டல் மின்னிளக்கம், மின் கா த்திலி முதலிய துறை ஆய்வுகளுக்கு முன்னோடி; 1831-ல் மின்னாக்கியைக் கண்டுபிடித்தவர்.

கொண்மையின் அலகான 'பேரட்' இவரது பெயரில் ஆனது.



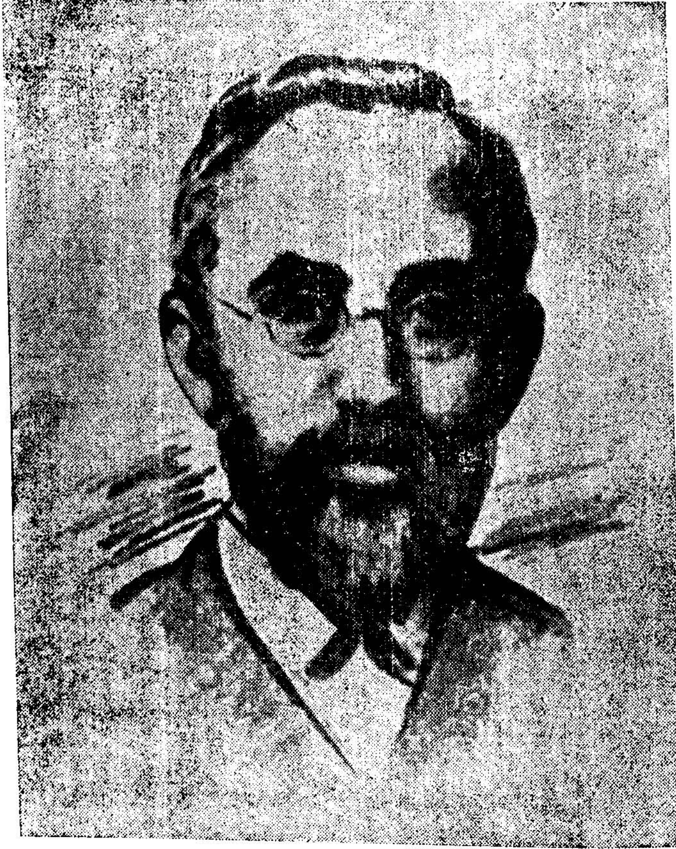
உருவப்படம் 10

சியார்சு சைமன் ஓம்

(George Simon Ohm, 1787—1854)

செர்மானியப் பூதவியலர்; மின்சுற்றில் சமவிளைவை உண்டாக்க வெவ்வேறு பொருள்களால் ஆன கம்பிகளின் நீளத்தை ஆராய்ந்தவர். அறிவியல் வளர்ச்சி மிகாத அக்காலத்தில், இவரது $U = IR$ கொள்கை செர்மனியில் புறக்கணிக்கப்பட்டபோதிலும் இங்கிலாந்தில் புகழ்ந்துரைக்கப்பட்டு **1841-ல்** கோப்லே பதக்கத்தை ஈட்டியது.

மின்தடையின் அலகு 'ஓம்'.

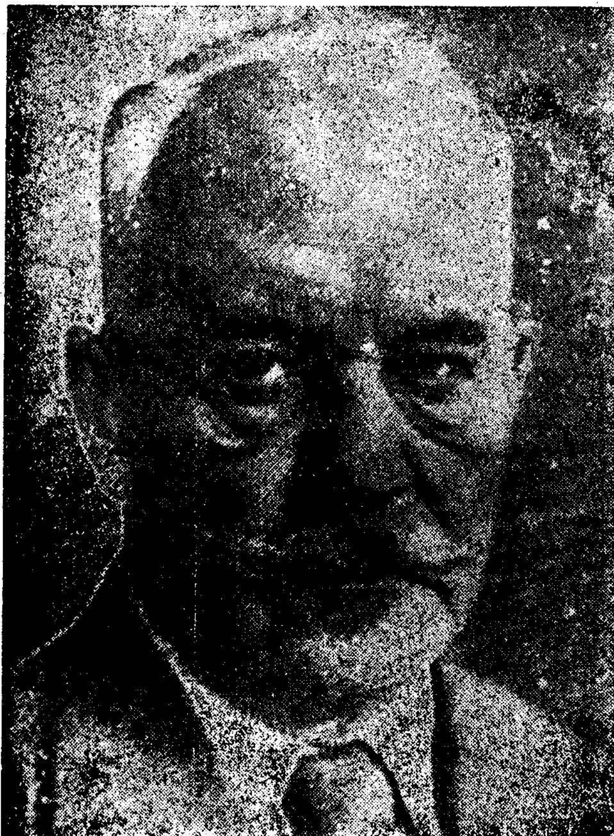


உருவப்படம் 11

என்ட்ரிக் அன்ட்டூன் லாரன்சு

(Hendrick Antoon Lorentz, 1853—1928)

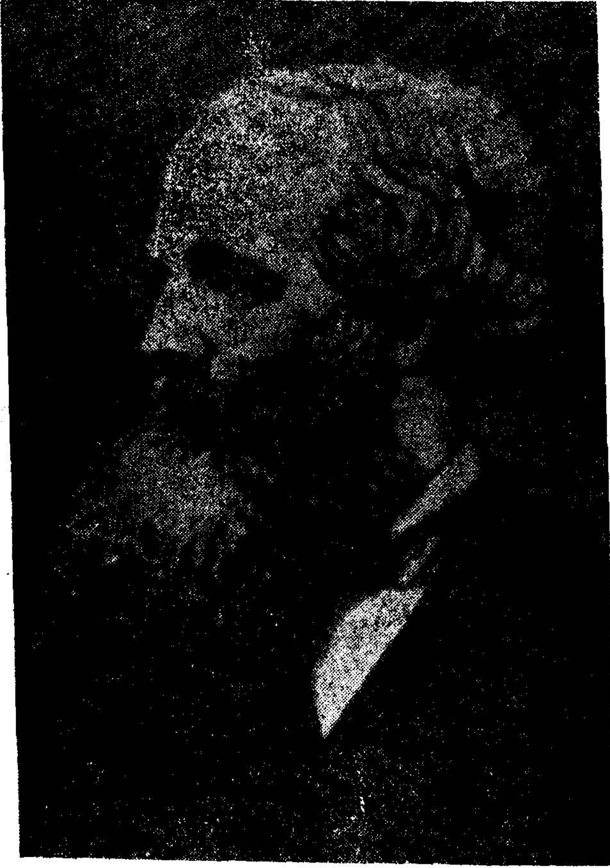
டச்சுநாட்டுப் பூதவியலர்; லெய்டன் பல்கலைக்கழகப் பேராசிரியர்; லாரன்ட்சு மாற்றம் (Lorentz transformation) முதலான பலவற்றால் பல சிக்கல்களை நீக்கியவர்; தமது மாணவர் சீமன் (Zeeman) உடன் சேர்ந்து நோபல் பரிசைப் பெற்றவர்; அளவீட்டுத்துறை வளர்ச்சிக்கு உதவியவர்.



உருவப் படம் 12

அர்னால்டு சோமர்பீல்டு
(Arnold J. W. Sommerfeld, 1868—1951)

20ஆம் நூற்றாண்டில் எழுந்த பல அறிவியல் புதிர்களை விடுவித்தவர். மின்காந்தவியலில் μ-ன் இடத்தை வரையறுத்து mks C அலகுத் திட்டத்தைச் சீர்மைப்படுத்தியவர். இவரது பாட நூல்களும் தலைசிறந்தனவே.

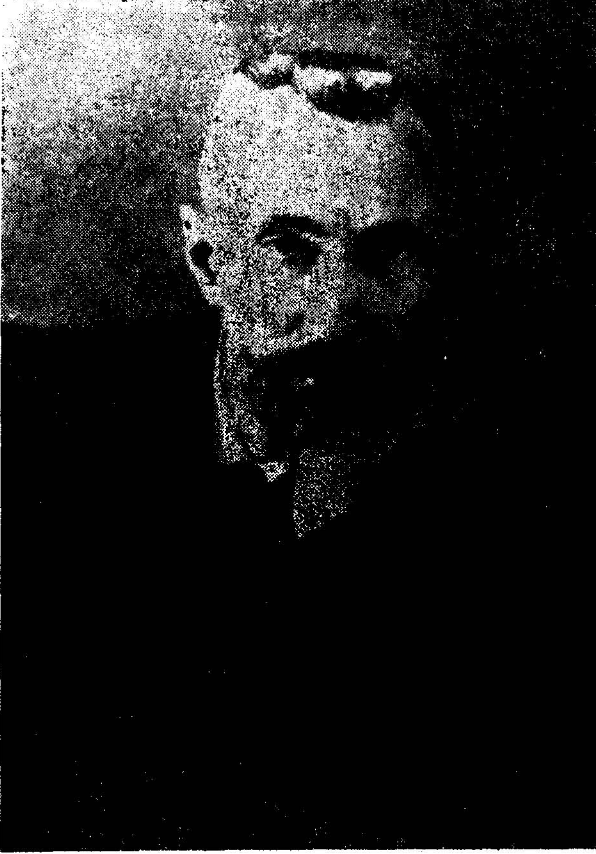


உருவப் படம் 13

சேம்சு கிளார்க் மே:.சுவெல்
(James Clark Maxwell, 1831—79)

தமது 14ஆம் அகவையிலேயே ஆய்வறிக்கைகளை வெளியிட்ட பிரித்தானியப் பூதவியலர். 'ஒளியும் மின்காந்த அலைகளே' எனக் கணித்து மின்காந்த இயலின் நான்கு அடிப்படைச் சமன்பாடுகளை 1864-ல் வெளியிட்டவர்; வெப்ப இயக்கவியலில் சீரிய ஆய்வுகளை மேற்கொண்டவர்; ''பிறப்பால் எடின்பர்.:குக்கு உரியவர்; திறமையால் கேம்பிரிட்சுக்கு உரியவர்; பணியாலோ உலக முழுமைக்கும் உரியவர்' என இவரை மே.:சு பிளாங்க் பாராட்டுகிறார்.

காந்தப்பாயத்துக்கான cgs அலகு 'மே.:ச்வெல்'.



உருவப் படம் 14

பியரி கியூரி
(Pierre Curie, 1859—1906)

கதிரியக்கம், அழுத்த மின்சாரம், புறக்காந்தவியலில் சிறந்த ஆராய்ச்சியாளர். பாரிசு, தொழில்சார் பூதவியல்—இயைபியல் பள்ளியின் இயக்குநர். கடும் வறுமையில் உழன்றும் வகுப்பில் முதன்மையாய் விளங்கிய போலந்து நாட்டு மாணவி மரியாவை (Marya Sklodowska) 'மாந்தத்தன்மை, அறிவியற்புலக் கனவு'களால் கவர்ந்து 1895-ல் மணந்தவர்; பெக்கோரலுடனும் தனது மனைவி மரியாவுடனும் இணைந்து 1903-ல் நோபல் பரிசு பெற்றவர்.

கதிரியக்க அலகு 'கியூரி' இவர் பெயரில் அமைந்தது.

பிற்சேர்க்கை – 1

7.2(A). பரிமான வாய்பாடும் அலகு மாற்றமும் — மேட்ரிக்ஸ் (matrix) அணுகுமுறை

மேட்ரிக்ஸ் : $(m \times n)$ மேட்ரிக்ஸ் என்பது m வரிசையிலும் n கலத்திலும் ஆன எண்களின் அணிவகுப்பு ஆகும்.

(எ–டு.) $(a) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$; $(b) = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{bmatrix}$

இதில் a_{32} என்பது மூன்றாம் வரிசையின் இரண்டாம் கல உறுப்பு ஆகும். இவ்வாறே ஏனையனவும்.

மேட்ரிக்ஸ் பெருக்கல்

(1) பெருக்கும் மேட்ரிக்ஸ் (a), பெருக்கப்படும் மேட்ரிக்ஸ் (b)-க்கு இடப்புறம் இருக்க வேண்டும்.

(2) பெருக்கும் மேட்ரிக்ஸ் (a)-ன் வரிசையுறுப்புகளின் எண்ணிக்கையும், பெருக்கப்படும் மேட்ரிக்ஸ் (b)-ன் கல (column) உறுப்புகளின் எண்ணிக்கையும் சமமாக இருந்தாக வேண்டும். அத்தகைய பெருக்கல் :

$$(a)\,(b) = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11}+a_{12}b_{21}+a_{13}b_{31} & a_{11}b_{12}+a_{12}b_{22}+a_{13}b_{32} \\ a_{21}b_{11}+a_{22}b_{21}+a_{23}b_{31} & a_{21}b_{12}+a_{22}b_{22}+a_{23}b_{32} \\ a_{31}b_{11}+a_{32}b_{21}+a_{33}b_{31} & a_{31}b_{12}+a_{32}b_{22}+a_{33}b_{32} \end{bmatrix}$$

பரிமான மாற்றம், அலகு மாற்றத்துக்கான தகுதிகள்

(1) மாற்றல் மேட்ரிக்ஸின் டிட்டர்மினென்ட் (determinant சுழியாகக் கூடாது,

(எ–டு.)

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array}\begin{array}{c} Q \quad L \quad T \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \longrightarrow \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

எனவே தகுதியில்லை.

(2) மாற்றல் மேட்ரிக்ஸ் $m \times m$ "சதுர மேட்ரிக்ஸ்" ஆகவே இருக்க வேண்டும்; அவ்வாறின்றி $m \times n$ ஆக இருந்தால் அதனை $m \times m$ ஆக மாற்றிய பின்பே கணக்கைத் தொடர வேண்டும்.

(3) அலகு மாற்ற மேட்ரிக்ஸ்-வெக்டர் ஒரே வரிசையே யுடையது.

ஓர் அலகுத் திட்டத்தில் இருந்து மற்றோர் அலகுத் திட்டத்துக்கு, பரிமான வாய்பாடுகளை மாற்ற இவற்றைத் தொடர்புபடுத்தும் பரிமான மாற்றல் மேட்ரிக்ஸையும் (dimensional conversion matrix); அங்ஙனமே எண் மதிப்புகளை மாற்ற, மாற்றல் வரிசை வெக்டர் (conversion row vector—மேட்ரிக்ஸ்) ஐயும் தீர்மானிக்க வேண்டும். இவற்றைக் கொண்டு, மாற்றப் படவேண்டிய திட்ட மேட்ரிக்ஸைப் பெருக்கினால், மாறிய திட்ட மேட்ரிக்ஸ் கிடைக்கும்.

7.2(A)1. மாறாத வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும், மாறாத அடிப்படைக் கணிசங்களும் கொண்ட திட்டங்கள்

(1) பரிமானங்களில் எந்த மாற்றமும் கிடையாது.

(எ-டு.) cgs, fps, mks திட்டங்கள்

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} M & L & T \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

(2) அலகு மாற்றம்: ஏற்கெனவே கூறியவாறு, ஓர் அலகுத் திட்டத்தில் இருந்து மற்றொன்றுக்கு அலகுகளின் எண் மதிப்பை மாற்ற, இத்திட்டங்களைத் தொடர்புபடுத்தும் மாற்றல் வரிசை வெக்டர் (conversion row vector) ஐத் தீர்மானிக்க வேண்டும். இத்தகைய மாற்றல் வெக்டரைத் தீர்மானித்துவிட்டால், ஒரு திட்டத்தின் அலகு மதிப்பை மறுதிட்டத்துக்கு மாற்றுவது மிக எளிது.

(2.1) mks, cgs திட்டங்களைக் கருதுவோம்.

$$M: 1\text{kg} = 10^3\text{g}; \quad L: 1\text{m} = 10^2\text{cm}; \quad T: 1\,\text{s} = 10^0\text{s}$$

எனவே mks-ல் இருந்து cgs-க்கு மாற்றும் மாற்றல் வரிசை வெக்டர் அதன்படி எண்களால் (exponents) தீர்மானிக்கப் படுகிறது.

$$\begin{matrix} M & L & T \\ (3 & 2 & 0) \end{matrix}$$

அங்ஙனமே cgs → mks -க்கான மாற்றல் வரிசை வெக்டர்

$$\begin{matrix} M & L & T \\ (-3 & -2 & 0) \end{matrix}$$

என்பது வெளிப்படை.

mks → cgs -க்கான சில கணிசங்களின் பரிமான வெக்டர்கள்
$[F] = MLT^{-2}$; $F_{mks} = F$; $F_{cgs} = F'$

(எ-டு. 1)

$$\begin{matrix} M & L & T \\ (3 & 2 & 0) \end{matrix} \quad \begin{matrix} M \\ L \\ T \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -2 \end{bmatrix} = 5 \to 10^5; \quad F' = 10^5 F$$

(எ-டு. 2)

$$\begin{matrix} M & L & T \\ (3 & 2 & 0) \end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ M \\ L \\ T \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} A & v & a & \rho & W & P & I & \eta \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & -3 & 2 & 2 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & 0 & -2 & -3 & 0 & -1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} A' & v' & a' & \rho' & W' & P' & I' & \eta' \\ [4 & 2 & 2 & -3 & 7 & 7 & 7 & 1] \end{matrix}$$

$$\begin{array}{l|l|l} A' = 10^4 A & \rho' = 10^{-3} \rho & I' = 10^7 I \\ v' = 10^2 v & W' = 10^7 W & \eta' = 10^1 \eta \\ a' = 10^2 a & P' = 10^7 P & \end{array}$$

மேற்கோடிட்டவை (primed quantities) cgs மதிப்புகள்; இடாதவை mks அடிப்படை மதிப்புகள் (A—பரப்பு; v—கதி; a—முடுக்கம்; ρ—அடர்த்தி; W—வேலை; P—திறன்; I—சடமைச் சுழலம்; η—பிசிறக் குணகம்).

இங்ஙனமே, cgs → mks -க்கு மாற்ற

$$\begin{matrix} M & L & T \\ (-3 & -2 & 0) \end{matrix}$$

என்ற மாற்றல் வரிசை வெக்டரை இடப்புறம் கொண்டு, cgs பரிமான மேட்ரிக்ஸ்களைப் பெருக்கினால் mks மதிப்புகள் கிடைக்கும். இதனைப் பயிற்சியாகக் கொள்க.

(2.2) **பதினமுறையல்லாத திட்டத்தில் அலகு மாற்றம்:** மேலே கூறிய அதே வழிமுறையையே கையாளலாம்; அலகுச் சமனங்களைப் பத்தின் மடங்குகளாக ஆக்கிக் கொள்ள மறக்கக் கூடாது. இம் மடங்குகள் முழு எண்ணாக அமைவதில்லை.

$$M: \quad 1\ \text{kg} = 2.205\ \text{lb} = 10^{0.3434}\ \text{lb}$$
$$L: \quad 1\ \text{m} = 3.281\ \text{ft} = 10^{0.5160}\ \text{ft}$$
$$T: \quad 1\ \text{s} = \quad 1\ \text{s} = 10^{0}\ \text{s}$$

எனவே mks -ல் இருந்து fps -க்கான மாற்றல் வெக்டர்

$$\begin{matrix} M & L & T \\ (\,0.3434 & 0.5160 & 0\,) \end{matrix}$$

(எ-டு.)

$$\begin{matrix} M & L & T \\ (0.3434 & 0.5160 & 0) \end{matrix} \times \begin{matrix} \\ M \\ L \\ T \end{matrix} \begin{bmatrix} A & v & a & \rho \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & -3 \\ 0 & -1 & -2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} & A' & v' & a' & \rho' & \text{(fps)} \\ = & 1.032 & 0.516 & 0.516 & -1.2046 & \end{matrix}$$

$$A' = 10^{1.032}\ A = 10.7646\ A \qquad a' = 10^{0.516}\ a = 3.2810\ a$$
$$v' = 10^{0.516}\ v = 3.2810\ v \qquad \rho' = 10^{-1.2046}\ \rho = 0.0624\ \rho$$

இங்ஙனமே fps-ல் இருந்து mks-க்கான மாற்றல் வெக்டரைக் கொண்டு, mks மதிப்புகளை அறிவதைப் பயிற்சியாகக் கொள்க.

7.2(A)2. மாறாத வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும் வேறான அடிப்படைக் கணிசங்களும்

m-kg-s திட்டத்தையும் m-kgf-s திட்டத்தையும் கருதலாம். இவற்றை இணைக்கும் மாற்றல் மேட்ரிக்ஸ் ஆவன :

$$FLT \rightarrow MLT \qquad\qquad MLT \rightarrow FLT$$

$$\begin{matrix} \\ M \\ L \\ T \end{matrix}\begin{bmatrix} F & L & T \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \begin{matrix} \\ F \\ L \\ T \end{matrix}\begin{bmatrix} M & L & T \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(LMT^{-2}); (L); (T) $\qquad$ $(FL^{-1}T^{2})$ (L) (T)

கலத்தின் தலைப்பில் உள்ள கணிசத்தின் பரிமானம், அதே கலத்தின் கீழ்வரும் கணிசங்களின் பரிமானங்களால் தீர்மானிக்கப் படுகிறது.

ஏற்கெனவே கூறியதுபோல, ஒரு திட்டத்தின் (எ-டு, mks போன்ற அடிப்படைத் திட்டத்தின்) அலகுப் பரிமானங்களை, அடுத்த திட்டத்துக்கு (எ-டு. m-kgf-s விசைத் திட்டத்துக்கு) மாற்ற, முதல் திட்டத்தின் பரிமான மேட்ரிக்ஸை, அடுத்த திட்டத்தின் மாற்றல் மேட்ரிக்ஸால் இடப்புறம் இருந்து பெருக்க அந்த அடுத்த திட்டத்தில் அலகுப் பரிமானங்களைப் பெறலாம்.

(எ-டு. 1) விசைத் திட்டத்தில் வேலையின் அல்லது ஆற்றலின் பரிமானம் FL. எனவே விசைத் திட்டத்தில் வேலையின் பரிமான வெக்டர் :

$$\begin{array}{c} \\ F \\ L \\ T \end{array} \begin{array}{c} E \\ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

m-kgf-s திட்டத்தில் இருந்து m-kg-s திட்டத்துக்கு மாற்றுவதற்கான மாற்றல் மேட்ரிக்ஸ் :

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} F & L & T \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

பரிமான வெக்டரை மாற்றல் மேட்ரிக்ஸால் இடமிருந்து பெருக்க :

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} F & L & T \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ -2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \times \begin{array}{c} \\ F \\ L \\ T \end{array} \begin{array}{c} E \\ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array} \begin{array}{c} E' \\ \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -2 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\therefore [E'] = L^2MT^{-2}$$

எனவே விசைத் திட்டத்தில் FL என இருந்த வேலையின் பரிமானம், mks திட்டத்தில் $L^2 MT^{-2}$ என ஆகும்.

(எ-டு. 2) m-kg-s (அல்லது cgs, fps) திட்டக் கணிசங்களின் பரிமானங்களை விசைத் திட்டத்தில் (m-kgf-s) மாற்றுக.

நிறை m, அடர்த்தி ρ, விசை f, ஆற்றல் W, அழுத்தம் P, இவற்றுக்கான $M\ L\ T$ பரிமான மேட்ரிக்ஸை, மாற்றுதல் வெக்டரால் இடவழிப் பெருக்க ($M\ L\ T \rightarrow F\ L\ T$)

$$\begin{array}{c} \\ F \\ L \\ T \end{array} \overset{\begin{array}{ccc} M & L & T \end{array}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \times \begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array} \overset{\begin{array}{ccccc} m & \rho & f & W & P \end{array}}{\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & -3 & 1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & -2 & -2 & -2 \end{bmatrix}}$$

$$= \begin{array}{c} \\ F \\ L \\ T \end{array} \overset{\begin{array}{ccccc} m' & \rho' & f' & W' & P' \end{array}}{\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & 0 & 1 & -2 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}$$

$$[m'] = FL^{-1}T^2;\quad [\rho'] = FL^{-4};\quad [f'] = F;\quad [W'] = FL;\quad [P'] = FL^{-2}$$

7.2(A)3. வரையறுப்புச் சமன்பாடுகளும் வேறான பொழுது...

$$[F]_i = LMT^{-2};\quad [F]_G = M^2L^{-2}$$ (காண்க பக். 174-175)

$$[W]_G = M^2L^{-1} = [mc^2]_i = [M^2L^2T^{-2}]_i;\ \therefore\ [T]_i = L^{\frac{3}{2}}M^{-\frac{1}{2}}$$

ஈர்ப்பு மாறிலியைப் பரிமானமற்ற எண்ணாகக் கொண்ட திட்டத்தில் $[T] = L^{\frac{3}{2}}M^{-\frac{1}{2}}$, என நீளம் நிறையால் காலயிடை வரையறுக்கப்படுகிறது. எனவே பரிமான மாற்று மேட்ரிக்ஸ்கள்

$$[LMT]_i \rightarrow [LM]_G \qquad\qquad [LM] \rightarrow [LMT]$$

$$\begin{array}{c} \\ L \\ M \\ 1 \end{array} \overset{\begin{array}{ccc} L & M & T \end{array}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{3}{2} \\ 0 & 1 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}} \qquad \begin{array}{c} \\ L \\ M \\ T \end{array} \overset{\begin{array}{ccc} L & M & 1 \end{array}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & -\frac{3}{2} \\ 0 & 1 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}$$

7.2(A).4 இல் விளக்கப்பட்ட முறைகளால் பரிமான மாற்றத்தை அறியலாம்.

7.2(A)4. கணிசங்களும் வேறான பொழுது...

(1) மூன்றும் நான்கும்: cgs, fps போன்ற மூன்றலகுத் திட்டங்களையும் cgsA போன்ற நான்கலகுத் திட்டங்களையும் கருதுவோம்:

மூன்றலகுத் திட்டத்தில் கூறும் நெறி $F = \frac{QQ'}{r^2}$

அல்லது $[Q] = F^{\frac{1}{2}} L = [LMT^{-2}]^{\frac{1}{2}} L = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}$

$$Q = It \qquad \therefore \quad [I] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$$

எனவே இதற்கான பரிமான மேட்ரிக்ஸ்

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \end{array} \begin{array}{c} \begin{matrix} M & L & T & I \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{3}{2} \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} \end{array}$$

இந்தப் பரிமான மேட்ரிக்ஸ் m×m ஆக இல்லாததால் இதனைச் சதுரிக்கிறோம். சதுரித்த மாற்றல் மேட்ரிக்ஸ்கள்.

cgsA → cgs
mksA → mks

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \\ I \end{array} \begin{array}{c} \begin{matrix} M & L & T & I \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{3}{2} \\ 0 & 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

cgs → cgsA
mks → mksA

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \\ I \end{array} \begin{array}{c} \begin{matrix} M & L & T & I \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{3}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$I = [M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2} 1]$$
$$= [M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}]$$

எண்ணுக்குப் பரிமானம் இல்லாததால் இது பரிமான மதிப்பில் எந்த மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தாது.

mksA அலகுத் திட்டத்தில் மின்கொண்மத்தின் பரிமானம் $L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$ என அறிவோம். cgs மூன்றலகுத் திட்டத்தில்

அதன் பரிமானத்தை அறியலாம். இதற்கான பரிமான மாற்று மேட்ரிக்ஸால் $L^{-2}\ M^{-1}\ T^{4}\ I^{2}$ ஐ இடவழிப் பெருக்க,

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} M\ L\ T\ I \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{3}{2} \\ 0 & 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\end{array} \times \begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \\ I \end{array}\begin{array}{c} C \\ \begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix}\end{array} = \begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} C' \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}\end{array} = \begin{array}{c} M \\ L \\ T \end{array}\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = L$$

எண்ணுக்கு (1) பரிமானம் இல்லாததால் cgs மூன்றலகுத் திட்டத்தில் கொண்மத்தின் பரிமானம் L.

விசைத் திட்டம்: $Q = F^{\frac{1}{2}}L$ அல்லது $I = F^{\frac{1}{2}}LT^{-1}$

எனவே,

$$\begin{array}{c} \\ F \\ L \\ T \end{array}\begin{array}{c} F\ \ L\ \ T\ \ I \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}\end{array} \xrightarrow[\text{சதுரிக்க}]{} \begin{array}{c} \\ F \\ L \\ T \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} F\ \ L\ \ T\ \ I \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\end{array}$$

அஃதாவது, $I = [\,F^{\frac{1}{2}}\ LT^{-1}\ 1\,] = [\,F^{\frac{1}{2}}\ LT^{-1}\,]$

மேலே காட்டிய மாற்றல் மேட்ரிக்ஸைப் பயன்படுத்தி சில கணிசங்களுக்கான, ஒரு திட்டப் பரிமானங்களை மறுதிட்டத்தில் வருவிப்பதைப் பயிற்சியாகக் கொள்க.

மேலும் சில பரிமான மாற்று மேட்ரிக்ஸ் ஆவன:

FLTI இலிருந்து *FLT* க்கு

$FLTI \rightarrow FLT$

$$\begin{array}{c} \\ F \\ L \\ T \\ I \end{array}\begin{array}{c} F\ \ L\ \ T\ \ 1 \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\end{array}$$

FLTI இலிருந்து *MLT* க்கு

$FLTI \rightarrow MLT$

$$\begin{array}{c} \\ M \\ L \\ T \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} F\ \ L\ \ T\ \ I \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 1 & 1 & 0 & \frac{3}{2} \\ -2 & 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}\end{array}$$

(2) மூன்றும் இரண்டும், இரண்டும் ஒன்றும்: <LTM> திட்டத்தில் இருந்து <LT> திட்டத்துக்கும் <LT> → <L>,

<LTM> திட்டத்தில் இருந்து <L> திட்டத்துக்கும் ஆன மாற்றல் மேட்ரிக்ஸ் ஆவன :

$$\begin{array}{c} \\ L \\ T \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} L & T & M \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \quad \Bigg| \quad \begin{array}{c} \\ L \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} L & T \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \quad \Bigg| \quad \begin{array}{c} \\ L \\ 1 \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} L & T & M \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

இவற்றைப் பயன்படுத்தி 7.2.4. (பக்கம் 176) இல் உள்ள சில கணிசங்களைச் சரிபார்க்க. ஓர் எடுத்துக்காட்டு ;

$$\begin{array}{c} \\ L \\ 1 \\ 1 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} L & T & M \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \times \begin{array}{c} \\ L \\ T \\ M \end{array}\begin{array}{c} f \\ \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{bmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} f' \\ [0] \end{array} = \text{பரிமானமில்லை} = 1$$

* * *

இவ்வாறு அலகு மாற்றத்துக்கான பரிமானப் பகுப்பாய்வுக்கு மேட்ரிக்ஸ் முறைகளைப் பயன்படுத்தலாம்.*

---

* Remillard Wilfred, J: Applying dimensional analysis *Am. J. Phys* 51(2) Feb 83 pp 137-140

" The language of physics is mathematices ; *the grammer of physics is dimensional analysis*; the poetry of physics is formed from the equations describing the universal truth " —Dr. P. R. Subramanian

பிற்சேர்க்கை _ 2

16.1. பொதுவகை

16.1.1. எண்மான முன்னொட்டுகள் *(பக்கம் 13-15, 473)*

10^{15}	peta- (P-)	*பீட்டா-* (P-)
10^{18}	exa- (E-)	*எக்சா-* (E-)

16.1.2. அடிப்படை அலகுகளின் புதிய வரையறை *(பக்கம் 33, 308, 493)*

மீட்டர்: *வெற்றிடத்தில் 1 நொடியில் 299 792 458 பகுதிக் காலவிடையில் — ((1/299 792 458) s) — ஒளி கடக்கும் தொலைவு, 1 மீட்டர்.*

காந்திலா: *540 × 10^{12} ஹெர்ட்ஸ் ஒற்றை அதிர்வுக் கதிர்ப்பை உமிழும் ஓர் ஒளி மூலத்தின், குறித்த திசையில் ஸ்டெரேடியனுக்கு (1/683) வாட் கதிர்ப்பச்செறிவு அளிக்கும் ஒளிர்வச்செறிவு, 1 காந்திலா.*

16.1.3. அனுமதிக்கப்பட்ட சில திட்டமில் அலகுகள்

பெயர்	குறியீடு	திட்ட அலகில் மதிப்பு
நிமையம் (minute)	min	1 min = 60 s
மணி (hour)	h	1 h = 360 s (= 60 min)
நாள் (day)	d	1 d = 864 00 s (= 24 h)
பாகை (degree)	°	$1° = (\pi/180)$ rad
கோண்நிமையம் (minute)	′	$1' = (\pi/108\,00)$ rad (= (1/60)°)
கோண்நொடி (second)	″	$1'' = (\pi/64800)$ rad (= (1/60)′)
லிட்டர் (litre)	l, li	$1\ l = 10^{-3} m^3$ (= 1 dm^3)
டன் (tonne)	t	1 t = 10^3 kg

16.1.4. கைவிடப்பட வேண்டிய, ஆனால் தற்காலிகமாக ஒப்புக் கொள்ளப்பட்ட சில அலகுகள்

பெயர்	குறியீடு	திட்ட அலகில் மதிப்பு
நாவாய் மைல் (nautical mile)		1 n. mile = 1852 m
நாட் (knot)		$(1852/3600)$ m s^{-1} = 1 n. mile h^{-1}
ஆங்ஸ்ட்ராம் (angstrom)	Å	1 Å = 0.1 nm = 10^{-10} m
ஏர் (are)	a	1 a = 10^2 m^2 (= 1 dam^{-2})
ஹெக்டேர் (hectare)	ha	1 ha = 10^4 m^2 = 1 hm^2
பார்ன் (barn)	b	1 b = 10^{-28} m^2 = 100 fm^2
பார் (bar)	bar	1 bar = 0.1 M Pa = 10^5 Pa
படித்தர நிலவளி (standard atmosphere)	atm	1 atm = 101 325 Pa
கால் (gal)	Gal	1 Gal = 10^{-2} m s^{-2} (= 1 cm s^{-2})
க்யூரி (curie)	Ci	1 Ci = 3.7×10^{10} s^{-1} 1 Ci = 3.7×10^{10} Bq
ராண்ட்சன் (roentgen)	R	1 R = 2.58×10^{-4} C kg^{-1}
குன்றி (carat)	c	1 c = 200 mg
க்விண்ட்டால் (quintal)	q	1 q = 100 kg

16.1.5. செய்முறையால் மதிப்பறியப்பட்டு திட்ட அலகுகளுடன் பயன்படுத்தப்படும் சில அலகுகள்

பெயர்	குறியீடு	செய்முறை மதிப்பு
எலக்ட்ரான் வோல்ட் (electron volt)	eV	1 eV = $1{\cdot}602\ 19 \times 10^{-19}$ J
ஒருங்கிணைந்த அணு நிறை அலகு (Unified atomic mass unit)	u	1 u = $1.660\ 57 \times 10^{-27}$ kg
வானலகு (astronomical unit)	AU	1 AU = $149\ 597.879 \times 10^{12}$ m
பார்செக் (parsec)	pc	1 pc = 30.857×10^{15} m = 206 265 AU

AU — ஆங்கிலக் குறியீடு: அனைத்து நாட்டுக் குறியீடு அன்று.
AU -வின் மதிப்பு வரையரைப்படி.

16.2. கதிர்ப்பு, கதிரியக்க அலகுகள்
(Units of radiation, radioactivity)

அனைத்து நாட்டு அலகுத் திட்டத்தின் வழியில் 'கதிர்ப்ப அலகு, அளவீட்டுக்கான அனைத்து நாட்டுக் குழு'* ஒழுங்கு படுத்தியதாவது: ராண்ட்சன் (R), ரேட் (rad), ரெம் (rem), கியூரி (Ci) முதலிய திட்டமில் அலகுகள் 1985 இறுதிக்குள் கைவிடப்படவேண்டும்; உரிய திட்ட அலகுகளே பயன்படுத்தப் படவேண்டும்.

16.2.1. திட்ட அலகுகள்

கதிரியக்கத்துக்கான திட்ட அலகு, பெக்வெரல் (becquerel-Bq.) அணுக்கருச் சிதைவின்போது, நொடிக்கு ஒரு சிதைவு ஏற்படுவது ஒரு பெக்வெரல்.

அயனிக்கும் கதிர்ப்ப அளவை இஞ்சும் அளவின் திட்ட அலகு, கிரே (gray-Gy).

1 கிரே = 1 சௌல்/கிலோகிராம் $1\ \text{Gy} = 1\ \text{J kg}^{-1}$

அயனிக்கும் கதிர்ப்பின் அளவுச் சமனத்தின் திட்ட அலகு, சீவெர்ட் (sievert-Si)

1 சீவெர்ட் = 1 சௌல்/கிலோகிராம் $1\ \text{Si} = 1\ \text{J kg}^{-1}$

கணிசம்		திட்ட அலகு	பெயர் குறியீடு	திட்டமில் அலகு குறியீடு	மாற்றுக் கூற்றெண்
திறப்பு (அ) வெளிப்பு (exposure)	*X*	C kg^{-1}	—	ராண்ட்சன் R	$1\ \text{R} = 2.58 \times 10^{-4}\ \text{C kg}^{-1}$ $1\ \text{C kg}^{-1} = 3876\ \text{R}$
இஞ்சு அளவு (absorbed dose)	*D*	J kg^{-1}	கிரே Gy	ரேட் rad	$1\ \text{rad} = 0.01\ \text{Gy}$ $1\ \text{Gy} = 100\ \text{rad}$
அளவுச் சமனம் (dose equivalent)	*H*	J kg^{-1}	சீவெர்ட் Sv	ரெம் rem	$1\ \text{rem} = 0.01\ \text{Sv}$ $1\ \text{Sv} = 100\ \text{rem}$
செயலூக்கம் (activity)	*A*	s^{-1}	பெக்வெரல் Bq	கியூரி Ci	$1\ \text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\ \text{Bq}$ $1\ \text{Bq} = 2.7 \times 10^{-11}\ \text{Ci}$

* International Commission on Radiation Units and Measurements—ICRU report No. 33 (1980) report No. 39 (1985).

(13.3 உடன் இணைக்க)

16.2.2. சில கதிர்ப்பக் கணிசங்கள், அலகுகள்

கணிசம்	குறியீடு	திட்ட அலகு	பெயர் உள்ள திட்ட அலகு	திட்டமில் அலகு
கதிர்ப்பமானம் (radiometry)				
துகள் எண் (particle number)	N	J		
துகள் பாயம் (particle flux)	$\dot{N}$	s^{-1}		
துகள் பாயன் (particle fluence)	Φ	m^{-2}		
துகள் பாயன்மேனி (particle fluence rate)	$\dot{\phi}$	$m^{-2} s^{-1}$		
கதிர்ப்ப ஆற்றல் (radiant energy)	R	J		
ஆற்றல் பாயம் (energy flux)	$\dot{R}$	W		
ஆற்றல் பாயன் (energy fluence)	ψ	$J m^{-2}$		
ஆற்றல் பாயன்மேனி (energy fluence rate)	$\dot{\psi}$	$W m^{-2}$		
உடன்வினை (interaction)				
வாய்ப்பு (cross section)	σ	m^2		b
பொருண்மை மெலிப்புக் குணகம் (mass attenuation coefficient)	μ/ρ	$m^2 kg^{-1}$		
பொருண்மை ஆற்றல் மாற்றுக் குணகம் (mass energy transfer coefficient)	μ_{ts}/ρ	$m^2 kg^{-1}$		
பொருண்மை ஆற்றல் இஞ்சுக் குணகம் (mass energy absorption coefficient)	μ_{ab}/ρ	$m^2 kg^{-1}$		
மொத்தப் பொருண்மை நிறுத்துத் திறன் (total mass stopping power)	S/ρ	$J m^2 kg^{-1}$		$eV m^2 kg^{-1}$
நீளவாகு ஆற்றல் மாற்றம் (linear energy transfer)	L_A	$J m^{-1}$		$eV m^{-1}$
அயனிச்சோடிக்குப் பயன்படும் ஆற்றல் நடுமதிப்பு (mean energy expended per ion pair)	W	J		eV

கணிசம்	குறியீடு	திட்ட அலகு	பெயர் உள்ள திட்ட அலகு	திட்டமில் அலகு
அளவுமானம் (dosimetry)				
இஞ்சு அளவு (absored dose)	D	J kg^{-1}	Gy	rad
இஞ்சு அளவுமேனி (absorbed dose rate)	$\dot{D}$	J kg^{-1} s^{-1}	Gy s^{-1}	rad s^{-1}
கெர்மா (kerma)	K	J kg^{-1}	Gy	rad
கெர்மா மேனி (kerma rate)	$\dot{K}$	J kg^{-1} s^{-1}	Gy s^{-1}	rad s^{-1}
திறப்பு (அ) வெளிப்பு (exposure)	X	C kg^{-1}		R
வெளிப்பு மேனி (exposure rate)	$\dot{X}$	C kg^{-1} s^{-1}		R s^{-1}
கதிரியக்கம் (radioactivity)				
செயலூக்கம் (activity)	A	s^{-1}	Bq	Ci
சிதைவு மாறிலி (decay constant)	λ	s^{-1}		
காப்பு (protection)				
அளவுச் சமனம் (dose equivalent)	H	J kg^{-1}	Sv	rem
அளவுச் சமனமேனி (dose equivalent rate)	$\dot{H}$	J kg^{-1} s^{-1}	Sv s^{-1}	rem s^{-1}
இஞ்சிய அளவுக்குறி (absorsed dose index)	D_1	J kg^{-1}	Gy	rad
இஞ்சிய அளவுக் குறிமேனி (absorbed dose index rate)	$\dot{D}_1$	J kg^{-1} s^{-1}	Gy s^{-1}	rad s^{-1}
அளவுச் சமனக் குறி (dose equivalent index)	H_1	J kg^{-1}	Sv	rem
அளவுச் சமனக் குறிமேனி (dose equivalent index rate)	$\dot{H}_1$	J kg^{-1} s^{-1}	Sv s^{-1}	rem s^{-1}
அம்பிய அளவுச் சமனம் (ambient dose equivalent)	$H^*(d)$	J kg^{-1}	Sv	rem
திசைத்த அளவுச் சமனம் (directional dose equivalent)	$H(d)$	J kg^{-1}	Sv	rem
தனித்த அளவுச் சமனம் (individual dose equivalent)	$H(d)$	J kg^{-1}	Sv	rem
(1) புகுப்பு (penetration)	$H_p(d)$	J kg^{-1}	Sv	rem
(2) புறப்பு (superficial)	$H_s(d)$	J kg^{-1}	Sv	rem

(தமிழ். அம்பு (= வளைந்த, திரும்பிய) → **Latin ambi, ambiens English ambient.)**

பிழை — திருத்தம்

பின்வரும் பட்டியல் அச்சாக்கத்தில் ஆன அனைத்துப் பிழை களின் தொகுப்பு அன்று. பொருள்மயக்கம் தராத பிழைகள்; 6, 8, 10, 12, 14, 18 point போன்ற எழுத்துவீதி (letter width), அவற்றின் பல்வேறு வகைகள்; மற்றும் இயல்பு, தடித்த எழுத்து, சாய்வெழுத்து, தடித்த சாய்வெழுத்து இவற்றால் அச்சிட வேண்டிய சொற்றொடர்களின் தவறான அச்சீடு போன்றவை சுட்டப்படவில்லை.

126 : என்று வரி குறிப்பிடப்படாமல் இருந்தால் அப்பக்கத் தில் உள்ள பல வரிகளையும் குறிக்கும். 225 : 13 என்பது, 225ஆம் பக்கத்தின் 13ஆம் வரியைக் குறிக்கும். 225 : b 4, 225ஆம் பக்கத்தில் கீழிருந்து 4ஆம் வரியைக் குறிக்கும்.

இரண்டு கலம் - ஆகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது பிழை—திருத்தம். அங்ஙனம் பிரிக்கப்படாமல் தொடராக உள்ளது திருத்தம் மட்டுமே. திருத்தத்துக்கான குறிப்புகள் பிறைக்கட்டுள் தரப் பெற்றுள்ளன.

கணிசக் குறியீடுகளுக்குச் சாய்வெழுத்து (italic); கணிசத்தின் துணைக்கீழ்க்குறியும் கணிசத்தைக் குறிப்பின், துணைக்கீழ்க் குறியும் சாய்வெழுத்தே; அலகு முன்னொட்டு, அலகுக் குறியீடு களுக்குச் செங்குத்து எழுத்து (upright roman, gillsans); எண் களுக்குச் செங்குத்து எழுத்து.

எண்மானத்துக்கும் அலகுக் குறியீட்டுத் தொகுதிக்கும் இடையில் ஒரெழுத்து இடைவெளியும் (single letter space); தொகுதியின் ஒவ்வோர் அலகுக் குறியீட்டுக்கும் இடையில் ஒரெழுத்து இடைவெளியும் தேவை. அலகின் முன்னொட்டுக்கும், அலகுக்கும் இடையில், அங்ஙனமே அலகின் முன்னொட்டுக் குறி யீட்டுக்கும் அலகுக் குறியீட்டுக்கும் இடையில் இடைவெளி கூடாது.

(எ-டு) $m\,s^{-1}$ = மீட்டர் நொடி$^{-1}$ ms^{-1} = (மில்லிநொடி)$^{-1}$

பதினப்புள்ளி (decimal point), நிறுத்துப்புள்ளி போல் இருக்க வேண்டும். (வரிவீதியின் நடுவில் அமைவது பெருக்கற்புள்ளி)

நாலிடத்துக்கு மேற்பட்ட எண்கள் பதினப்புள்ளிக்கு இருமருங்கும் மும்மூன்று எண்களுக்கு அடுத்து ஒரெழுத்து இடைவெளியுடன் எழுதப்பட வேண்டும்.

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
5 : b 10	1. unis	L. unis
6 : b 6-8	9 0, 90 0, 900 0	90, 900, 9 000
7 : b 1	உச்சரிக்க(h)	(உச்சரிக்க)
8 : 4-15	10^{12}க்கு நேராகக் 'கற்பம்', 10^{1}-பத்து, 10^{2}-நூறு என 'பத்து' முதல் 'கணம்' வரை ஒவ்வொரு வரி மேல் ஏறவேண்டும்.	
: 16	நிகற்பம்	விகற்பம்
10 : 21	102 × 400	102 400
: 23	= அரைக்காணி	= 1 அரைக்காணி
: b 1	10^{-2}	10^{-21}
13 : 13	— —	டெகா deka, deca
: 14	டெகா deka, deca	— —
: b 1	S I	SI
14 : 10	= 9.01	= 0.01)
: 25	டெசி 10^{1}	டெசி 10^{-1}
: 28	மைக்ரோவோல்ட் μv	மைக்ரோவோல்ட் μV
16 : 2	'Thekaton'	'hekaton'
19 : 25	2·1. நீளம்	2.1 நீளம்
21 : b 7	மைல்-2-க்கு	மைலுக்கு
22 : 16-17	கி.மு. 3000 = கி.மு. 1500	கி.மு. 3000 → கி.மு. 1500
26 : b 3	(Kilogram)	(kilogram)
27 : 2-3	கன-டெசி மீட்டர்க்	கனடெசிமீட்டர்க்
28 : b 10	× 20 mm	× 20 mm.
30 : b 6	குறுக்கியப்பாங்கும்	குறுக்கியப்பாங்கம்
31 : b 2	II.I	11.1
32 : 8	10^{-10} m.	10^{-10} m
: 22	1 553 164·13	1 553 164.13
33 : b 11	வெப்பச்சுழலில்	வெப்பச்சூழலில்
42 : b 11	பிளாட்டின இருடிய இருளை	பிளாட்டின-இருடிய உருளை
43 : 14	5·977	5.977
44 : 12	(Kilokilogram)	(kilokilogram)
: 21	கிலோகிராம் 2-க்குச்	கிலோகிராம்-உக்குச்
: b 8	பெயர்மாற்றம்	பெயர்மாற்றும்
46 : 10-12	$F = ma$ அஃதாவது	$F = mg$

$$\langle m \rangle = \frac{\langle F \rangle}{\langle g \rangle} = \frac{\text{kgf}}{\text{m s}^{-2}} = \text{kgf m}^{-1}\text{ s}^{2}$$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
47 : b 3	இசை இந்த=ஒத்த)	இசை (இசைந்த=ஒத்த)
48 : 3	16°	$_{16}O$
: 17-18	$_{16}$Ophy, Ochem	$_{16}O_{phy}$ $_{16}O_{chem}$
49-59 :	காலவிடை	அளவீட்டுப் படித்தரங்கள்
49 : b 1	2.8.1.	2.3.1
50 : 15	=	(நீக்குக)
54 : 19	86400	86 400
: b 1	2.32	2.3.2.
55 : 6-17	365.242'195	365.242 195
: b 8	4	(நீக்குக)
57 : 3	'நொடி'யே (second)	'நொடி'யே (second)!
58 : 24	31 556 925.9747	31 556 925.974 7
60 : b 11	கட்டுப்பட்டு	கட்டப்பட்டு
61-71 :	காலவிடை	அளவீட்டுப் படித்தரங்கள்
61 : 12	60 நொடி=நிமையம்	60 நொடி=1நிமையம்
: 22	1 மில்லிகிரேடு	மில்லிகிரேடு
64 : 23	$C = 140 J Kg^{-1} K^{-1}$	$C = 140\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$
65 : 2	அளவன் பாரனீட்	அளவன் : பாரனீட்
: 4	உப்பசால	உப்பசாலா
: 24	இருக்கிறது. எனக்	இருக்கிறது எனக்
: 27	நீரியின்	நீரின்
: b 1-3	(†, * குறிகளை மாற்றி இடையில் கொள்க)	b 1 வரியை b 3, b 4-க்கு
66 : b 1-4		(அடிக்குறிப்பு 67ஆம் பக்கம் உடுக்குறிகளைச் சரிசெய்க)
69 : 16	அளவினில்	அளவனில்
: b 5	-ல்	(நீக்குக)
71 : 23-28		

	கெல்வின்	செல்சியசு	ரேன்கைன்	பாரனீற்று
தொடக்கப் புள்ளி :	0 K	−273.15°C	0 R	−459.67°F
நீரின் உறை நிலை :	273.15 K	0°C	491.67 R	32°F
நீரின் கொதி நிலை :	373.15 K	100°C	671.67 R	212°F

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
71 : b 4-5	(helium)—4	(helium—4)
72 : 11	$[I] = L_{\frac{3}{2}} M_{\frac{1}{2}} T-2$	$[l] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$
: 22	candela - ed	candela - cd
: 23	mot	mol
	(இவற்றால்-ஐ அடுத்த வரிக்குக் கொள்க)	

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
73 : 1	காலவிடை	பிற கணிசங்களும் படித்தரங்களும்
76 : 9	ஆயம்.	அளவீட்டு ஆயம்
: 22		(நிறுத்துப்புள்ளியை நீக்குக)
77 : b 7-11	(நாலிடத்துக்கு மேற்பட்ட எண்களை மும்மூன்று தொகுதிகளாய் இடையில் இடம் விட்டுத் திருத்துக)	
79 : b 10	இருகுழு	இக்குழு
: b 2	(10)%	(10%)
81 : b 7	(: ஐ நீக்கி, சப்பான்-ஐ b 7 வரிக்குக் கொணர்க)	
83 : 16	egs	cgs
: 26-27	ஆம்பியர் (A.M. Ampere, 1775—1836) எனத் தொகுக்க	
86 : 19	RmKsA	RmksA
87 : b 3	Physical & Laboratory	Physical Laboratory
91 :	A	*A*
: 14	5·9	5.9
: b 2	4,2,3	4.2.3
92 : 11	மிகுதியாகும்*	மிகுதியாகும்
: b 11	வருவித்து	வருவித்த
: b 7	?	. (நிறுத்துப்புள்ளி)
: b 6	=	π
	0.4971,	0·4971'
: b 4	என் சொல்லே	என்ற சொல்லே
93 :	A, K, L, F, a	*A, K, L, F, a*
93 : 7	திசைவேகப்	திசைவேகம்
: 18-19	நிறை m	நிறை *m*
: b 2	ms^{-1}	$m\ s^{-1}$ (இடைவெளி)
94-97 :	A K L.	*A, K, L*
94 : 2	படிக்கும்	(ம்-ஐ நீக்குக)
: 3	$kgms^{-2}$	$kg\ m\ s^{-2}$
: b 9	1-2க்குச்	1-க்குச்
95 : 3	).	(புள்ளியை நீக்குக)
: 4	230	220
: 8	அலையும்	அலகையும்
: 11	சேர்ந்த குறிக்கும்,	சேர்ந்தே குறிக்கும்.
: 17	<L> உள்ள	(உள்ள-நீக்குக)

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
95 : 24	$\{A\}\langle A\rangle=\{L_1\}\langle L\rangle^2$	$\{A\}\langle A\rangle=\{L_1\}\{L_2\}\langle L\rangle^2$
96 : 2	equations	equation
: 6	$\{A\} = L_2$	$[A] = [L^2]$
: 20	$\langle A\rangle Y = \langle L\rangle^2 y$	$\langle A\rangle_y = \langle L^2\rangle_y$
: 25	நீளத்தின்	'நீளத்தின்
: b 9	அடிப்பட்டக்	அடிப்படைக்
: b 8	கணிசத்தினி	கணிசத்தின்
: b 1-2	(எண்மானத்துக்கும் அலகுக்கும் இடையில் இடைவெளி தேவை)	
97 : 18	'சதுர மீட்டர்	சதுர மீட்டர்
: 19	சதுர மீட்டர்'	'சதுர மீட்டர்
: b 7	1 மீட்டர்	1^2 மீட்டர்^{2}
98 :	A, K, L, π	A, K, L, π
99 :	L, M, T, K, V, l, t, a	L, M, T, K, v, l, t, a
: 5	அதன்படி நிலையை	அதன் படி நிலையை
: 14	ms^{-2}	$m\ s^{-2}$
: 16	$N = K(1kg)\times(1ms^{-2})$	$N = K\times(1kg)\times(1m\ s^{-2})$
: 17	$kg\ ms^{-2}$	$kg\ m\ s^{-2}$
: 20	Velocity	velocity
: 23-24	$V = K\frac{l}{t}$	$v = K\frac{l}{t}$
: b 7	Acceleration	acceleration
100 :	v, t, F, K, a	v, t, F, K, a
: 8	விருவித்த	வருவித்த
: 11-12	m	m
: 17-18	m	m
: 18-26	S1 S *1*	*SI SI*
: 18	நியூட்டன் *N*	நியூட்டன் N
: 23	F_N	F_N
: 26	egs	cgs
101 :	A, K, L, V, F	A, K, L, v, F
: 2	*fps*	fps
: 9	?...	...?
: b 7	$\langle V\rangle\ km\ h^{-1}$	$\langle v\rangle = km\ h^{-1}$
: b 5	$(K \pm 1)$	$(K \neq 1)$
: b 3	$A = K L_1 L^2$	$A = K L_1 L_2$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
102 :	K, A, L, C	*K, A, L, C*
: 10	அலகு	அலகும்
:	$\langle V \rangle$ = Vel	$\langle v \rangle$ = vel
: b 1	$\langle \mathbf{a} \rangle$ = ac	$\langle a \rangle$ = ac
103 : 13	ms^{-1} ms^{-2}	$m\ s^{-1}$ $m\ s^{-2}$
: 14	$\langle F \rangle$ = kg ms^{-2}	$\langle F \rangle$ = kg m s^{-2}
: 17-24	திறன் = $\frac{\text{வேலை}}{\text{நேரம்}}$	வேலை = விசை × தொலைவு (=நீளம்) விசை = நிறை × முடுக்கம் முடுக்கம் = $\frac{\text{கதி}}{\text{நேரம்}}$ கதி = $\frac{\text{நீளம்}}{\text{நேரம்}}$
104 : 3	$(m^2\ kgs{-}^3)^{-1}$	$(m^2 kg\ s^{-3})^{-1}$
: 4	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
: 10-11	$\langle F \rangle \langle W \rangle, \langle P \rangle$	$\langle F \rangle, \langle W \rangle, \langle P \rangle$
: b 7	$[\mathrm{M}] = \mathrm{FL^{-1}T^2}$	$[M] = FL^{-1}T^2$
105 : b 8	கூற்றென் (மாறிலி K)	கூற்றெண் (மாறிலி *K*)
: b 2	சென்டி மீட்டர் = 10^{-2}m	சென்டிமீட்டர் (= 10^{-2}m)
: b 1	egs	cgs
106 :	F, K, m, r_a ;	*F, K, m,* r_a ;
107 : 14	$\mathrm{K_G}$	K_G
: b 2, 9	கடமை	சடமை
: b 7	$m^1\ m_2$	$m_1\ m_2$
: b 5	$Nm^2\ kg^{-2}$	$N\ m^2kg^{-2}$
109-110 :	A, L, K	*A, L, K*
110 : b 1-2	Kg	kg
111 : 2, 5, 6	Nm^{-2}	$N\ m^{-2}$
: 4	10^5 kg = $m^{-1} \times s^{-2}$	10^5 kg × m^{-1} × s^{-2}
: b 8	அளக்கப்படும் $V = L_3$	அளக்கப்படும். $V = L^3$
112 : 9	$[\mathrm{I}] = \mathrm{L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}}$	$[I] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$
114 : 11	மீட்டர்'	(மேற்கோள் ' ஐ நீக்குக)
: b 6	எல்லா	எல்லாம்
115 : 18	egs	cgs
117 : 4	$[\mathrm{I}] = \mathrm{L^{\frac{3}{2}}\ M^{\frac{1}{2}}\ T^{-2}}$	$[I] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
117 : 16	10^8 நியூட்டன் ஸ்தெனே,	10^8 நியூட்டன். ஸ்தீன்,
: b 2	0.453 6kg	0.4536 kg
120 : 5	12ம் 3-2 ம்	1-ம் 3-ம்
: 19,23	g	*g*
: 24-26	$9.806\ 65\ ms^{-2}$	$9.806\ 65\ m\ s^{-2}$
121 : 5	(பதினப்புள்ளிகளை நிறுத்துப்புள்ளிபோல் இடுக)	
122 : 16	mksc	mKsC
: 18	அலகுத்திட்டம் 2-ம்	அலகுத்திட்டமும்
: 19	10 இராம்	டெகாகிராம் (= 10 கிராம்)
122 : b 1-10		

மின் தடைக்குரிய ஓம்-ஐக் கொண்ட mKs Ω அல்லது mKsO அலகுத்திட்டம்
மின்னூட்ட அலகான கூலும்-ஐக் கொண்ட mKsC அலகுத்திட்டம்
மின்னோட்ட அலகான ஆம்பியரைக் கைக்கொண்ட mKsA அலகுத்திட்டம்
ஓம்-ஐயும் ஆம்பியரையும் கைக்கொண்ட OAsm அலகுத்திட்டம்

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
123 : b 4-10	முதற்கலம் e, t, m, a	*e, t, m, a*
	(மூன்றாம் கலம் எண்ணுக்கும் அலகுக்கும் இடையில் இடைவெளி)	
123 :	R h c	*R h c*
124 : 2	(G. G. ஹால்	((-பிறையை நீக்குக)
: 3	$(e^2/a^2) = 4\pi^2 me^4/h^2$	$(e^2/a^2) = 4\pi^2 me^4/h^2$
: 14	(paraments)	(parameters)
: 17	20 – 7 – 13	20 – 7 = 13
: b 7	Krypton-86	krypton-86
: b 4-5	4.948 8649 × 10^{14}	4.948 864 9 × 10^{14}
125 :	L, T, M, G, F, c, C	*L, T, M, G, F, c, c*
: 17,19,21	e	*c*
: 20	என்றாய்	ஒன்றாய்
: 23	L-மும் T-மும்	நீளமும்(*L*), நேரமும்(*T*)
126 :	L, M, T, G, a,	*L, M, T, G, a*
: 9	இதற்காக	இதற்கான
127-128 :	e, h. c, L, α	*e, h, c, L, α*
127 : b 8	Fine	fine
128 : 2	≠	α
128 : 3	$e = 1;\ e = 1/2\pi$	$c = 1;\ h = \frac{1}{2\pi}$
: 6, 8	$2\pi.137$	$2\pi \times 137$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
131 : b 8	ஆர்யன்	ஆரயன்
132 : 10-18	(வரி 19-27இல் உள்ளதுபோல் அலகுகளைக் கலத்தில் இடுக)	
; 19	அட்டவணை	அட்டவணையை
: 22	$10 \neq 3n$	$10^{\pm 3n}$
133 : b 16	10^{-18} -2க்கான பெம்டோ, அட்டோ	10^{-18} -க்கான பெம்டோ, அட்டோ
: b 1	அலகுகள்	அலகுகளுள்
134 : 6	3	(3)
: b 9	cp	c_p
: b 1	upright roman)	(upright roman)
135 : 9-13	முதல் கலம் (வரி 10) $G_n - g_n$; இரண்டாம் கலம் (வரி 9-13) c_p இல் p ; $\Sigma_n a_n \psi_n$ இல் n ; $\Sigma_x a_x b_x$ இல் x ; g_{ik} இல் i, k ; p_x இல் x	
: 16	$A, \propto$	A, α
: b 1	எழுத்தாலும், சிறிய எழுத்தாலும் (lower case letters) குறிக்கப்படவேண்டும்.	
136 :	$c \quad v$	$C \quad V$
: 3-4	$\frac{C}{m} = C \quad \frac{v}{m} = v$	$\frac{C}{m} = c \quad \frac{V}{m} = v$
: b 6	Nm	N m
: b 5	நி.மீ. நி × மீ நிமீ	நி.மீ நீ × மீ நிமீ
: b 4	நிமீ	நி மீ
: b 3	6. 2. 2. (1)	6.2.2(2)
137 : 3	அறிவியில்	அறிவியல்
: 14	கூலூம்ஐக்	கூலூமைக்
: 20	Nsm^{-2} kg sm^{-2}	N s m^{-2} kg s m^{-2}
: 21	mN—மீட்டர் நியூட்டன்	m N—மீட்டர் நியூட்டன்
: 22	Nm—மில்லி நியூட்டன்	mN—மில்லிநியூட்டன்
138 :	k	K
: 4	ms^{-1}	m s^{-1}
: 12	(j/s/m)/k (அல்லது (J/s)/mk	(J/s/m)/K (அல்லது (J/s)m K)
: 13	j/s/m/k	J/s/m/K
: 17	$Js^{-1} = w$ $\langle\lambda\rangle = wm^{-1}k^{-1}$	$J s^{-1} = W$ $\langle\lambda\rangle = W m^{-1} K^{-1}$
: 19	அட்டவனை	அட்டவணை

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
138 : 20	சர்புக்கோட்டு	அச்சுக்குறியீட்டிலும்
: b 4	$js^{-1}\ m^{-1}k^{-1}$	$J\ s^{-1}\ m^{-1}\ K^{-1}$
139 : 14	μV ; mm mN	μV ; mm ; mN
: 15	mN-தவறு	m N-தவறு
: b 8	589. 3mμm	589.3 mμm
: b 7	589. 3nm	589.3 nm
: b 5	eoherance	coherence
140 : 5	10^6Nm^{-2} ; MNm^{-2}	$10^6\ N\ m^{-2}$; $MN\ m^{-2}$
: 6	Nmm^{-2}	$N\ mm^{-2}$
: 10	ms^{-1}, — ms^{-1}	$m\ s^{-1}$ – ms^{-1}
: 12	புறநடை	புறனடை
: b 5-13	K	k (முன்னொட்டு k)
: b 10-11	ms^{-2}	$m\ s^{-2}$
: b 7	$kg\ m^2s^{-8}$	$kg\ m^2\ s^{-2}$
141 : 2	$Wm^{-1}K^{-1}$	$W\ m^{-1}\ K^{-1}$
: 11	6.625 17 தவறு	6·625 17 தவறு
: 15-16	தொகுதியை சுட்ட	தொகுதியைச் சுட்ட
: 19	3.155 692 5975× 10^7மிகச் சரி	3.155 699 597 5×10^7 மிகச் சரி
142 : 6	எண்மா ணத்தில்	எண்மானத்தில்
: 9	15 000N	15 000 N
: 12	எண் மதிப்பு 0·1→	எண்மதிப்பு 0.1→
: 16	எண்மானத்துக்கும்	அலகுக்குறியீட்டுக்கும்
: b 6-7	15F 15N	15 F 15 N
143 : 13	g -யும் கிராம் g -யும்	g -யும் கிராம் g -யும்
: b 7	ஓரியன்மைத் திட்டம் 4.3.4 இல் விளக்கப் பட்டுள்ளது.	
144 : 16	அலை நீளத்தை	அலைநீளத்தை
: 13	கிலோ மீட்டரில்	கிலோமீட்டரில்
: 20	3 1 அடி = 1 கசம்	3 அடி = 1 கசம்
: b 8	1000μmm = 1 mm	1000 μm = 1 mm
: b 6	1000 m = kW	1000 m = 1 km
: b 4	பன்னவேண்டிய	பண்ணவேண்டிய
145 : b 6	விசை இயக்கவியலில்	விசையியக்கவியலில்
146 : 14	Nm	N m
: 20	(எ-டு: 1)	எ-டு: (1)
: 27-28	கிலோ சௌல், மெகா சௌல்	கிலோசௌல் மெகாசௌல்

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
146 : b 7	KN m^{-2} KPa	kN m^{-2} kPa
: b 3	Latin 1 torques	(1 ஐ நீக்குக)
147 : 16	E	*E*
: 17	Pa = Nm^{-2}	Pa = N m^{-2}
148 : 17	Kw, w w	kW W W
: 29	Mechanical	mechanical
149 : 9	37.9 − 28.4	(37.9 − 28.4)°C
: 15	Magneto statics	magnetostatics
: 20-21	Flux Field	flux field
: 26	இதில் உள்ள H m^{-1} குறியீடு தவிர *B, H, D, E, m* யாவும் தடித்த சரிவெழுத்துக் (bold italic) குறியீடுகள்	
: b 3	I A	*I A*
150 : 2	Practical	practical
	F, P, Q, r	*F, P, Q, r*
: 20	1 Am	1 A m
151 : 9	<JK^{-1}>	<J K^{-1}>
: 17	<P> = Ωm	<ρ> = Ω m
: 20	<σ> = Sm^{-1}	<σ> = S m^{-1}
: 25-29	<μ> = Fm^{-1}	<μ> = F m^{-1}
	<ϵ> = Hm^{-1}	<ϵ> = H m^{-1}
152 : 19-22	Cp	C_p
: b 7-8	Ωm	Ω m
: b 1-2	(அடிக்குறிப்பு 153ஆம் பக்கத்துக்குரியது)	
153 : 4	Ωm	Ω m
: 5	Cp	C_p
: 18	valve)	valve)†
: 22	I	*I*
: b 1	t^2=4.8s ∴ t^2/s=4.8	t^2 = 4.8 s^2 ∴ t^2/s^2=4.8
154 : 4, b 1	t^2/s T^2/s	t^2/s^2 t^2/s^2
	படவிளக்கம் 1-t^2	$l - t^2$
155 :	படவிளக்கம் U_g —I_p	$U_g = I_p$
156 : 4	Metric	metric
157 : 4-7	(எண்மானத்துக்கும் அலகுக்கும் இடையில் இடைவெளி தேவை)	
: 12,13,16	(P, C, M—தொடக்கம் யாவும் சிறிய எழுத்தே p, c, m)	
158 : 6	Amount	amount

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
158 : 10, 22	0.012kg$^{12}_{6}$ C	0.012 kg $^{12}_{6}$C
: b 1, 3	N m	N m
159 : 2	m N	m N
: 15	0.012 Kg	0.012 kg
: 26	1·660 43 × 10^{-2} kg	1.660 43 × 10^{-2} kg
161 : 12-13	Vm. Vm$\left(\mathrm{Vm} = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}\right)$	$V_m \left(V_m = \frac{V}{m} \right)$
: 15	பயன் படுத்தல்	பயன்படுத்தல்
: 20	K mol m^{-3}	kmol m^{-3}
: b 8	kgmol m^{-3} = g mol litre^{1}	kg mol m^{-3} = g mol litre^{-1}
162 : 3	ஒப்பு மூலக்கூற்று நிறை (relative molecular mass)	
: 7-8	(அட்டவணையின் இறுதித் தலைப்பு 'மாற்றல் கூற்றெண் SI / cgs' 2, 3ஆம் கலங்களுக்குத் தலைப்பை ஒரு கலம் நகர்த்திப் படிக்க)	
: 10	m Kg	m kg
: 11	c	c
: 12	mi Kg^{-1} Kg^{-1}	m_i kg^{-1} kg^{-1}
	6.5.3, 6.5.4. முதல் கலக் குறியீடுகள் அனைத்துக்கும் சரிவெழுத்தே (italic) m, c, x, B, C, Z, V, U, S, D, T	
163 : b 7-8	econometrices	econometrics
164 : 9	Km^{2}	km^{2}
: 15,17	Nm^{-2} NM^{-2}	N m^{-2} N m^{-2}
: 18	Mpa Kpa	MPa kPa
: b 8	teachers)	teachers)"
165 : 19,21	A, L, M, T	A, L, M, T
166	K, L, M, T, l	K, L, M, T, l
: 4	பிரென்சு	பிரெஞ்சு
: 9	பரிதிவுல்	பரிதியில்
: 21	[A] = L^{p} M^{q} T^{r}	$[A] = L^p M^q T^r$
: 23	வாய்	வாய்-
: b 5	கையாள்கிறோம்	கையாள்கிறோம்.
167-168 :	A, B, C, F, G, L, M, T, S, g, m, t, r யாவும் சரிவெழுத்து.	
: b 3	என்றால்?	என்றால்,
: b 3	பரி	பரி-
168 :	p$_{a}$, q$_{a}$, r$_{a}$	p^{a} , q^{a} , r^{a}

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
168 : 8	$[C] = [A]^n = [A]^n$	$[C] = [A^n] = [A]^n$
: 20	$\{C_1\} \{A,\} \{B_2\} \{C_2\}$	$\{C_1\} ; \{A_2\} \{B_2\} \{C_2\}$
: 21	$A = \{A_1\}; <A_2>$	$A = \{A_2\}<A_2>;$
:	c	C
: b 10	i	;
: b 5-6	$[A] \frac{<A_2>}{<A_1>}$	$[A] = \frac{<A_2>}{<A_1>}$
169 :	A, E, L, M, T, a l v	A, E, L, M, T, a, l, v
	$ms^{-1}, ms^{-2}, cms^{-1}, cms^{-2}$	$m\,s^{-1}, m\,s^{-2}, cm\,s^{-1}, cm\,s^{-2}$
	(இரண்டாம் அட்டவணை முதல் கல *m* மட்டும் சரிவெழுத்து)	
: b 3-4	$(10^2)^{-2}(10^{-3}) = 10^{-7}$ J = 1 erg	$(10^2)^{-2}(10^{-3})$ J $= 10^{-7}$ J = 1 erg
170 :	ms^{-2}	$m\,s^{-2}$
: 21	1 செமீ 0.01 m	1 செமீ = 0.01 m
: 22	1 Km	1 km
: b 6	செ மீ ms	செமீ m
: b 5	நொடி	நொடி^{2}
171 :	F, L, M, T	F, L, M, T
172 :	A,E,F,L,M,P,T,U,W	A,E,F,L,M,P,T,U,W
	a, f, l, m, t, r. w	a, F, l, m, t, r, W
	B, H	B, H
: 16	$W = f\,l \cos \widehat{fl}$	$W = f\,l \cos (\widehat{f\,l})$
: 17-18	$P = \frac{w}{t}$ L^2MT^{-2}	$P = \frac{W}{t} = L^2MT^{-3}$
: 23	$E = \frac{f\,l}{A\ Sl}$	$E = \frac{f\,l}{A\,\delta l}$
: 24-25	n	η
173 :	A, K, L, l	A, K, L, l
: 11	[K] ... [K]	$<K>$ ... $[K]$
: 19	43560	43 560
: 24	வட்டமுள்ள	விட்டமுள்ள
174-175 :	F, G, K, L, M, T, W	F, G, K, L, M, T, W
	a, f, m, r, v	a, f, m, r, v
	K i	K_l
174 : 13	ஈர்ப்பு நெறிக்கான	ஈர்ப்புநெறி'க்கான
: 17	$L^3M^{-1}L^{-2}$	$L^3M^{-1}T^{-2}$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
174 : 22	SI இல் [G]	SI இல் $\{G\}$
: 23	6.67×6710^{-2}	6.67×10^{-2}
: 24	கனிசங்களை	கணிசங்களை
: b 1	கடமைமாறிலி	சடமைமாறிலி
175 :	K, L, M, T, W, m, v	K, L, M, T, W, m, v
	K i	K_i
: 13	$[W] = L^{-} M^{2}$	$[W] = L^{-1} M^{2}$
: b 8	பொது நெறிக்கு	பொதுநெறிக்கு
: b 7	பரிமான மில்	பரிமானமில்
176 :	F, L, M, T, f. l, m, v	F, L, M, T, f, l, m, v
: 8	இடை	இட
: 9	$[W]\ L^{2}\ L^{8}T^{-2}\ T^{-2}$	$W = L^{2}\ L^{3}T^{-2}\ T^{-2}$
: 16	(மூன்றாம்கலம்) $L^{2}L^{2}$	$M^{2}L^{-2}$
177–195 :	(ஒற்றைப்படை எண் பக்கங்களின் முதல் வரி : பரிமான வாய்பாடும் அலகு மாற்றமும்)	
177 : 2	கூற்றென்	கூற்றெண்
: 25	முறை	வகை
: 28	$[F] = FMT^{-2}$	$[F] = LMT^{-3}$
178-179 :	F, L, M, T, P	F, L, M, T, P
	ms^{-2}	$m\ s^{-2}$
178 : 11-12	நேரம்-2ம்	நேரமும்
: 15	$[F] = LMT^{-1}$	$[F] = LMT^{-2}$
: 17	$[M] = FL^{-1}T^{-2}$	$[M] = FL^{-1}T^{-2}$
: 18	வறுபட்ட	வேறுபட்ட
: 19	$\{E\}$ SI	$\{F\}$ SI
: 23, 27	கிலோகிராம் விசையும்	கிலோகிராம்விசையும்
179 : 5	சேவ்ரெஸ் (Sevre's)	சேவ்ரே (Sevre's)
: 3	$9.8322\ ms^{-2}$	$9.832\ 2\ m\ s^{-2}$
: 8	$9.80665\ ms^{-2}$	$9.806\ 65\ m\ s^{-2}$
: 11	$1\ kg\times ms^{-2} = 1\ kgms^{-2}$	$1\ kg\times m\ s^{-2} = 1\ kg\ m\ s^{-2}$
: 13-18	9·80 0·102	9.80 0.102
: 22	Kg	kg
180 :	F, L, M, P, T, W	F, L, M, P, T, W
: 5	$\{L\}_F\ \{L\}cgs\ \{M\}cgs$	$\{L\}_f\ \{L\}_{cgs}\ \{M\}_{cgs}$
: 11	$\{L\}_f\ \{L\}_{SI}$	$\{L\}_f = \{L\}_{SI}$
: 15	$\{F\}_{cgs}\{L\}_f = 100\{L\}_{SI}$	$\{F\}_{cgs};\ \{L\}_f = 100\{L\}_{cgs}$
: b 8	$(100)^{-2}$	$(100)^{2}$
: b 7	$[W]_f = LFT^{-1}$	$[W]_f = L\ F$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
180 : b 6	L, F 2-க்கான	L, F -க்கான
181 :	A, K, L, M, T	*A, K, L, M, T*
: 10	72.3	7.2.3
: 14	$[A_1] = L_1p\ M_1q\ T_1r$	$[A_1] = L^{p_1}\ M^{q_1}\ T^{r_1}$
182 :	G, L, M, T, f, l, m, t, r	*G, L, M, T, f, l, m, t, r*
:	fi fg	f_i f_g
: 10	தீர்மாணிக்கலாம்	தீர்மானிக்கலாம்
: 11	$LMT^{-2} [f]_g$	$LMT^{-2}{}_i$ $[f]_g$
183 : 2	f	*f*
: 5	15.	1.5
184 : 17	மாறான	மாறாதன
185 : 5-6	$= \frac{5280 \text{ அடி}}{1 \text{ மைல்}} \times \frac{1 \text{ மணி}}{3600 s}$	$\times \frac{5280 \text{ அடி}}{1 \text{ மைல்}} \times \frac{1 \text{ மணி}}{3600\ s}$
: 9	3048m	3048 m
: 12	3600s	3600 s
: b 8	0·914 4 m	0.914 4 m
: b 4	7.4.3.	7.3.3
: b 1	எழுதி கொண்டுக்	எழுதிக்கொண்டு
186 : 6	''1 அடி = M''	'1 அடி = '
187 :	K, L, M, T, g, l, m, t	*K, L, M, T, g, l, m, t*
: b 6	$[T] = L^p\ L^q\ T^{-2q}\ M^r$	$[T] = L^p\ L^q\ T^{-2q}\ M^r$
: b 5	$[T] = L^{p+q}\ T^{-2q}\ M^r$	$[T] = L^{p+q}\ T^{-2q}\ M^r$ ... 2)
188 :	K, k, g, l, t	*K, k, g, l, t*
: 3	$t = k l^{\frac{1}{2}}\ g^{-\frac{1}{2}}\ 10°$	$t = k\ l^{\frac{1}{2}}\ g^{-\frac{1}{2}}\ m,$
: b 4	$(1/2\pi$	$(1/2\pi)$
189 : 7	எளியமுறைகள்	எளிய முறைகளால்
: b 3	பரிமானம் பாகுப் பாய்வை	பரிமாணப்பகுப்பாய்வை
190 : 7	அலகுத்திட்டத்தை	அலகுத்திட்டத்தைக்
: 20	உருவாகத்தின்	உருவாக்கத்தின்
: 21	(7.7.1)	(7.5.1)
: 25	நெகழ்ச்சி	நெகிழ்ச்சி
: 29	(F = ma)	$(F = m\,a)$
191 : 16	மாறிலிகளை	மாறிலிகளைத்
: 18	பிரித்தர்னிய வல்லுனர்	பிரித்தானிய வல்லுநர்
: b 9	விளைவே	விளைவே.

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
191 : b 5	வேண்டும்.	வேண்டும்''
192 : 22	'L'.	'L'
: b 3	$[P] = L^{-1} MT^{-2}$	$[P] = L^{-1} MT^{-2}$
194 : 16	$c = 4190$ Jkg^{-1} K^{-1}	$c = 4190$ J kg^{-1} K^{-1}
195 : 11	பரிமாண யில்	பரிமாணயில்
: 24	மாறக்கூடிதே.	மாறக்கூடியதே.
195-196 :	திட்டத்தில் அடிப்படையாகவும் மறு— (என்ற வரியைக் கூட்டுக)	
196 : b 2	கணிங்களே	கணிசங்களே
197 : 9	(Gouss)	(Gauss)
: 19	(cgs)	cgs
: 21	mk விசை and mk (forces)	mk விசை s — mk (force)s
198 :	F, m, a	*F, m, a*
: 23	இயல்	இதில்
199 : 10	மைக்ரோ மீட்டர்	மைக்ரோமீட்டர்
: 17	Å).	Å):
: 21	40^{-7} mm	10^{-7} mm
: b 9	(rowland);	(rowland):
: b 8	அலை-திரவிலும்	அலைதிரல் இயலிலும்
: b 4	அளவீட்டிக்கு	அளவீட்டுக்கு
200 : 8	மிகு, நுட்ப	மிகுநுட்ப
: 14	A°	Å
: 16	அலை திரல்கள்	அலைதிரல்கள்
201-202 :	(எண்மானத்துக்கும் அலகுக்குறியீட்டுக்கும் இடையில் ஓரெழுத்து—இடைவெளி (space) தேவை)	
203 : 5	$2.997925 \times 10^{8} m\ s^{-1}$	$2\ 997\ 925 \times 10^{8}\ m\ s^{-1}$
: 19	Km^{2}	km^{2}
: 22	திட்ட யில் அலகுகள்	திட்டயில் அலகுகள்.
: b 6	Km^{2}	km^{2}
: b 3	ஓர் (ac + are)	ஓர் ஏர் (ac+are)
204 : 6,11	Km^{2}	km^{2}
: 8	அலகுகள்	அலகுகளுள்
: 10	6·4516 08361	6.4516 0.8361
: b 6	மீட்டர்³	மீட்டர்²
: b 5	(எண்ணுக்கும் அலகுக்கும் இடையில் 1 'எம்' இடைவெளி)	

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
205 : 3	m^3 cgs	m^3 . cgs
: 9	1,638 7064	1,638 706 4
: 15	(li)நீளத்தின்	(li). நீளத்தின்
: 16	அகல ஆழம்	அகல, ஆழம்
: 19	litre →	litra →
: b 6	0,002cm^3	0.002 cm^3
206 : 2,4	மில்லி லிட்டர்	மில்லிலிட்டர்
: 3	முன்னோட்டே.	முன்னொட்டே,
: 10	0.003 6122 அங்குலம்	0.003 612 2 அங்குலம்^{3}
: 11	0.004 546.09	0.004 546 09
; 12	0.002 785 41	0.003 785 41
206-207 :	r	r
208 :	P, P^1, ρ^1	ρ, ρ', ρ'
	r	r
	K	κ
209 :	P, P^1, P^1	ρ, ρ', ρ'
	S, r, A, L, l	S, r, A, L, l
210 :	A, S, T, a, b, r	A, S, T, a, b, r
: 24	சுழலகம்	சுழலம்
211 :	A, I, L, r	A, l, L, r
: 6	சுழலகம்	சுழலம்
212 :	K_a, L, s, r,	K_a, L, s, r
: 12	)—(	—
213 :	Ka	K_a
	(c, cc, g யாவும் superior suffix)	
: 17	390	360
: b 1	8.1.1.	8.2.1
214 :	A, K_s, l, r, k_s	A, K_s, l, r, K_s
: 6	திண்‌ க்கோணம்	திண்மக்கோணம்
: 15	முழுப்புறப் பரப்பு	முழுப் புறப்பரப்பு.
: b 1	ஆகச்	ஆகக்
215 : 4	செங் கோணங்கள்	செங்கோணங்கள்
: b 8-9	3·046 2·424	3.049 2.421
216 :	L, T, u, v, v, t	L, T, u, v, v, t
: 6	விளங்கும். நிறையோ	விளங்கும். நிறையோ
: 15	(rate) நேர்க்	(rate). நேர்க்
: 23	ms^{-1}	$m\ s^{-1}$
: b 9	Kine	kine

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
216 : b 6	நேர்க்கோட்டுக்கு	நேர்க்கோட்டு
217 :	a, t, v, dv/dt	$a, t, v, dv/dt$
	Km, ms^{-1}, cms^{-2},	km, m s^{-1}, cm s^{-2}
: 9	நாவாய் மைல் மணி	நாவாய்மைல்/மணி
: 11	முடுக்கம்	முடுக்கம்!
: 12	v_1 — 2க்கு	V_1 -க்கு
: b 9	ems^{-2}	cm s^{-2}
: b 5	ஈர்ப்பு—முடுக்கம்	ஈர்ப்புமுடுக்கம்
218 :	T, t,	T, t
	ψ, (dψ/dt)	φ, $(d\varphi/dt)$
219 :	f, T, Y	f, T, τ
: 5	ω-2ம்	ω-வும்
: 11	)—T	$-\tau)$
220 :	A, t, x, ψ	A, t, x, φ
: 11-12	தொடர்பு,	தொடர்பு, $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{\tau}$
: b 2	Eresnel	Fresnel
221 :	L, Qv	L, Q_v
: 5-6	μs	μ s
: 13	[Qv] = L^3 = T^{-1}	$Q_v = L^3T^{-1}$
: 14	m s^{-1}, cm s^{-1}	m^3 s^{-1} cm^3 s^{-1}
: 20	[Qv] = $L^{-3}T^{-1}$ L^{-2}	$[q_v] = L^3T^{-1}$ L^{-2}
: b 2	8.3.9.	8.3.10.
222 :	L, T, v, dv/dt, r	$L, T, v, dv/dt, r$
: 7	திட்டங்களிலும்s^{-1}	திட்டங்களிலும் s^{-1}
223 :	m, r, v, dv/dt, F, L	$m, r, v, dv/dt, F, l$
: 16	நீளம்	' நீளம்
: 23	[m] விசைதி	$[m]$ விசைதி
: 24	$kgfs^2$ m^{-1}	kgf s^2 m^{-1}
: b 7	முன்னெட்டுடன்	முன்னொட்டுடன்
: b 5	‘சென்டினர்.	சென்டினர்.
: b 2	உக்கும் ஒரு கால்	உக்கு ஒருகால்
224 :	Kg r, ug	kg γ, μg
: 14	1 = குன்றி	1 குன்றி =
: 15	mg^{-2}	mg-
: b 3	μg ஒரு தனிமத்தின்	μg
225 : 2	$6{\cdot}025 \times 10^{23}$	{ ஒரு தனிமத்தின் $6{\cdot}025 \times 10^{23}$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
225 : 5	மோல் ஒரு பொருளின்	மோல்
: 6	6 025 × 10^{23}	ஒரு பொருளின் 6·025 × 10^{23}
: 13	cl	Cl
: 19	[F] LMT^{-2}	$[F] = LMT^{-2}$
: b 4	மின்னுக்கக்	மின்னுணுக்கக்
226 : 3	ஸதென (sthcne-sn)	ஸ்தீன் (sthene-sn)
: 8-9	கிலோ கிராம் விசை	கிலோகிராம்விசை
: 10	N கிராம்-விசை	N. கிராம்-விசை
: 12	m N	mN. (மில்லி நியூட்டன்)
: 15,18	F, t	F, t
: 20	Ns = kg ms^{-1}	N s = kg m s^{-1}
: 21	Ns	N s
: 22	9.80 kg ms^{-1} = 9.80 Ns	9,80 kg m s^{-1} = 9.80 N s
: b 6, 4	P, F	P, F
: b 6	m, v, M, L, T, t	m, v, M, L, T, t
: b 2	பரிந்துரைத்து.	பரிந்துரைத்தது
227 : 9	Ft = $mv_2 - mv_1$	$F t = m v_2 - m v_1$
: 17,19	A, L, M, T P, F	A, L, M, T P, F
: 21	எனப்படும் S1 Nm^{-2}	எனப்படும். SI N m^{-2} (கீழ் வரும் பல வரிகளிலும்)
: 24	(GPM)	CGPM
: b 8	dyn, Nm^{-2}	dyn, N m^{-2}
: b 6	980	98.0
: b 5	fg	gf
228 :	Nm^{-2}	N m^{-2}
: 14	இதன்	இதள்
: 16-17	NmΩ, 101 3225	N m^{-2}, 101 325
: 25	10^{-3}m = ^{3} 1dm^{3}	10^{-3} m^{3} = 1 dm^{3}
: 26-26	எனவே	எனவே 20 mm உயர நீர் அழுத்தம் எனில் அதன் அழுத்தம்
: b 7	இதனை	இதளை
: b 5	hpg	$h\rho g$
: b 4	k g m^{-3} ; m	kg m^{-3} ; m s^{-2}
: b 1	10^{4} $kgfm^{-2} = 9.81^{4} \times 10^{4}$ Nm^{-2}	10^{4} kgf $m^{-2} = 9.81 \times 10^{4}$ N m^{-2}

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
229 : 3-4	Pz, Nm^{-2}	pz ; $N\ m^{-2}$
	p வாட்டம்	p வாட்டம் அல்லது ∇p
: b 2,7	L, M, T, p, t	L, M, T, p, t
230 :	Kg	kg
: 9	$m^1\ m$	$m^2 \cdot m$
: 17	1	l
231 :	F, L, M, T, W, l	F, L, M, T, W, l
: 8	S1	SI
	ஜௌல்* (Joule J)*	ஜௌல் (Joule-J)*
: 11	Nm	N m
: 13	(erg)	(erg)*
: 15	கிலோகிராம் விசை	கிலோகிராம்விசை
: 22	4 186.8	4 186.8
: 23	காண்க.	காண்க (9.2.1 (1)).
: b 6-7	SV	δV
: b 0		*Greek. ergon = work
232 :	E, E_k, E_p, V, e	E, E_k, E_p, V, e
: 9	ஆற்றலால்	ஆற்றலாய்
: b 8	$[e] = L^2MT^{-2}\ L^{-3}MT^2$	$[e] = L^2\ MT^{-2}\ L^{-3} = L^{-1}M\ T^{-2}$
: b 2	*Greek. ergon ≈ work	(நீக்குக)
233 : 6	P, W, t	P, W, t
: 9	$[P] = L^2MT^{-2}T^{-1} = L^2MT^{-3}$	$[P] = L^2MT^{-2}T^{-1} = L^2MT^{-3}$
: 12-13	P	P
: 18-19	KWh	kW h
: 20	1 MWh = 3,600GJ	1 MW h = 3 600 GJ
: b 9	James watt	James Watt
: b 1	wat... உவாட்	watt, உவாட் (உ—குற்றியலுகரம்)
234 : 21	250 w	250 W
: b 7	ms^{-1}	$m\ s^{-1}$
: b 6	vapcur cv=736 w	vapeur cv=736 W
: b 3	S1	SI
: b 1	இதன்	இதள்
235 : 9	hPgv	$h\rho gv$
: 10	hPgv / t	$h\rho gv / t$
: 12	1.130	0.130

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
235 : 19,22	$F = \mu\, Fn$	$F = \mu\, F_n$
: b 1	frico friction.	frico — friction
236 :	K, L, M, T, r	K, L, M, T, r
	F, f, v	F, f, v
: 12	$Nsm^{-1} = kgs^{-1}$	$N\ s\ m^{-1} = kg\ s^{-1}$
: 16	தொய் வியன்மை	தொய்வியன்மை
: b 2,5	mN^{-1}	$m\ N^{-1}$
: b 1	8.4.11 ;	8.4.11 :
237 :	I, L, M, T, l, r	I, L, M, T, l, r
	F	F
: 18	திசையுளியாகும்.	விசையின் சுழலம் திசையுளி யாகும்.
: 22	Nm, dyn, cm,	N m, dyn cm,
: b 1-3	(நீக்குக)	(சேர்க்க) 8.4.13 : காண்க 8.1.5 (1)-இன் அடிக்குறிப்பு.
238 :	T, d	T, d
: 6	gcm^2	$g\ cm^2$
: 8	$10^{-}\ kg\ m^2$	$10^{-7}\ kg\ m^2$
: b 3	2m	$2m$
239 :	IL, T, d, t	I, L, T, d, t
	F, M	F, M
	(எண்ணுக்கும் அலகுக் குறியீட்டுக்கும் இடையில் இடைவெளி தேவை)	
: 5	r, s, s,	s, s, s (with a space after the numeric)
: 6	46.268, 3.24 s	46.26 s, 3.24 s
: 10	m	m
: 14	kgm^2	$kg\ m^2$
: 20	$Mt = Flt$	$M t = F l t$
: 22	$[Mt] = LMT^{-2}\ LT = L^2MT^{-1}$	$[M t] = LMT^{-2}\ L{\cdot}T = L^2MT^{-1}$
: b 7	$<Mt> = Nms$	$<M t> = N\ m\ s$
: b 4	tum m m,s	tum m m/s
: b 2	தொடர்பு வேலை	தொடர்பு, வேலை
240 :	IL, p, v	I, L, p, v
	M, T ; r, m	M, T, r, m
: b 8	$[L] = M\ LT^{-1}\ L = L^2MT^{-1}$	$[L] = MLT^{-1}\ L = L^2MT^{-1}$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
241 :	L, M, T, Q_m, q_m, A	L, M, T, Q_m, q_m, A
: 6	Nms	N m s
: 14	kgs^{-1}; gs^{-1}; kgfs	kg s^{-1}; g s^{-1}; kgf s
: b 2	e^{-st}	$e^{-\delta t}$
: b 1	வரையறுகப்	வரையறுக்கப்
242 : 6	s	δ
: 9	[S] = T^{-1}; s <S> = s^{-1}	$[\delta] = T^{-1}$; $<\delta> = s^{-1}$
: 12	St	$\delta\tau$
: b 3	E_e	E_l
243 : 2	E_e	E_l
	Q, L, M, v	Q, L, M, v
: 13	ஆய்வுக்குப் உட்	ஆய்வுக்கு உட் -
: 20	—(	$-\rho)$
: 22	$\frac{m}{v}$	$\frac{m}{v}$
: b 3	densedensity	dense—density
: b 2	1	(நீக்குக)
244 :	L, M, V, d, v, m F	L, M, V, d, v, m F
: 11	p	ρ
: b 4	''எடையால'' வகுபடும்''	''எடை'யால் வகுபடும்'
: b 3	6.6.1.	6.4.1
245 :	L, M, T, F, v	L, M, T, F, v
: 2	F = mg; m/v = ρ	$F = mg$; $m/v = \rho$
: 15	4C°	4°C
: 20	$gfcm^{-3}$	gf cm^{-3}
: 22	gcm^{-3}	g cm^{-3}
: b 8	/kg லிட்டர் ஓரிடகனு	kg / லிட்டர் ஓரிடனு
: b 7	$^{12}_{6}$	$^{12}_{6}C$
: b 1	2.2.12	2.2.13
246 :	A, E, L, M, T, l, δl F	$A, E, L, M, T, l, \delta l$ F
: b 9	ST இல்... Nm^{-2}	S I இல்... N m^{-2}
247 :	A, E, l, r, δl	$A, E, l, r, \delta l$
: 3	இது'	இது.
: 10,17,19	m (நிறை)	m

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
247 : 11	s	δl
: 13	ms^{-2}	$m\ s^{-2}$
:	1=2.640 m; m= 2 kg	$l=2.640$ m; $m=2$ kg
: 14	σ- l	$\delta\ l$
: 15-20	$E = \frac{F/A}{\delta l/l} = \frac{mg/\pi r^2}{\delta l/l} = \frac{gl}{\pi r^2} \times \frac{m}{\delta l}$	
: 25	GNm^{-2}	$GN\ m^{-2}$
: b 9-10	(எண்மானத்துக்கும் அலகுக்குறியீட்டுக்கும் இடையில் இடைவெளி தேவை)	
: b 8	உளி முனைகளால்	உளிமுனைகளால்
248 :	A, F, L, M, T	*A, F, L, M, T*
	a, b, d, l, m (நிறை)	*a, b, d, l, m* (நிறை)
	Nm^{-2}	$N\ m^{-2}$
: 4	Q = 100mm	a = 100 mm
: 6	$5.44 \times 10^{-}$ mm;	5.44×10^{-3} m;
	1.144×10^{-8}	1.144×10^{-8} m
: b 4,8	G, αs	G, α_s
249 :	L, M, T, K	*L, M, T, K*
: 2	n	*G*
: 3	கோணத்தின்	குணகத்தின்
: 4	αs	α_s
: b 2	ஒரு	μ ஒரு
250 :	A,,L,M,T,W,f,v,d,l	*A,L,M,T,W,f.v,d,l*
: 7	தலைகீழ்ப்பே.	தலைகீழ்ப்பே''.
: 10	∝e	α_e
: 11	em^2	cm^2
: 19	S1 ; egs	SI ; cgs
: b 5	பிசின் viscin	பிசின் → viscin
251 : 1-2	L, M, T	*L, M, T*
:	Nsm^{-2} °c	$N\ s\ m^{-2}$ °C
: 16	n	P
: 18,20	P ; gcm^{-3}	ρ ; $g\ cm^{-3}$
: 22	CP	cP
: b 8	தகவு	தகவு,
: b 5	S1	SI
: b 2	களைச்சொல்	கலைச்சொல்
252 :	Q, a, g, h, l, t	*Q, a, g, h, l, t*
: 6	ms ; g — 9.8 ms^2	m s ; $g = 9.8\ m\ s^{-2}$.

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
252 : b 11	$5 \times = 10^{-6}$	5×10^{-6}
: b 10	$P = 1000$ kg, m^{-3}	$\rho = 1000$ kg m^{-3}
: b 9	ms^{-2}	m s^{-2}
: b 8	$\pi P Q^4$	$\pi P a^4$
: b 7	8 l n	$8 l \eta$
: b 5	σ	8
: b 3	10^{-3}	10^{-6}
: b 2	ms	m s
253 :	L, M, T	*L, M, T*
: 3	m N s m^{-2}	mN s m^{-2}
: 11	S1 இல் $m^2N^2 s^1$	SI இல் $m^2 N^{-1} s^{-1}$
: 12	N^1	N^{-1}
: 14	Kinematic Viscosity	kinematic viscosity
: 22	Stokes-st	stokes-St
: b 3	திரிந்துருவு.	திரிந்து, ருவு →
: b 2	reho	rheo
254 :	A, E, F, L, M, T a, h, g, t, l Nm^{-1}; Jm^{-2}	*A, E, F, L, M, T* *a, h, g, t, l* N m^{-1}; J m^{-2}
: 22	0.397 5 mm	0.3975 mm
: b 8-9	$\sigma \frac{(h + \frac{1}{3} a) Pga}{2}$	$\sigma = \frac{(h + \frac{1}{3} a)}{2} \rho g a$
: b 6	ms^{-2}	m s^{-2}
: b 4-5	kgs^{-2}	kg s^{-2}
255 :	Nm^{-1}; kgs^{-2}; ms^{-2}	N m^{-1}; kg s^{-2}; m s^{-2}
: 4-5	$\sigma \frac{mg}{2 (l + t)}$	$\sigma = \frac{mg}{2 (l + t)}$
: 6	$m = 1.04 \times 10^{-3}$ kg; $g = 9.8$ ms^{-2}	$m = 1.04 \times 10^{-3}$ kg; $g = 9.8$ m s^{-2}
: 7	(l + t)	$(l + t)$
: 9	0.0769×10^{-3} m	76.9×10^{-3} m
: 21	ஓரலகும்	ஓரலகுப்
: 24	$[n] = L^{-3}$	$[n] = L^{-3}$
: b 10	துகள்!	‘துகள்’
: b 8	வேதியில்	வேதியியல்
: b 5	செறிவு – மேல்	செறிவு = மோல்
256 :	A, C, D, L, M, N, T	*A, C, D, L, M, N, T*
: 3	அடக்குகள்	அடுக்குகள்

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
256 : 5, 7	m	*m*
: 13	மூலக்கூற்று—எண்	மூலக்கூற்று எண்
: 18	செறிவி	செறிவு
: 21	விசைவியலிலும்	விசையியலிலும்
257 :	L, M, T	*L, M, T*
: 16	கைக்கெள்வது	கைக்கொள்வது
: 25, 29	யிடை மதிப்பு	யிடைமதிப்பு
: 28	தாழ் வெப்பநிலை	தாழ்வெப்பநிலை
: b 8, 9	(259ஆம் பக்க அட்டவணை இங்கு வரவேண்டும்)	
259 : 16	(கீழ்த்திட்டவரையாகவும், அதன் கொதிநிலை மேல்திட்டவரையாகவும் கொள்ளப்பட்டுள்ளன —என முடிக்கவும்)	
: 21	Ram	Ran
: b 6, 7	$\frac{N-32°}{190}$ °F $\frac{N-0°F}{100}$	$\frac{N-32}{180}$ °F = $\frac{N-0}{100}$ °C
260 : 2	27315	273.15
: 13-14	(பகுதி பிரிக்கும் * *	* குறிகளை யிடுக)
261 :	L, l, p, t	*L, l, p, t*
: b 5	303k ; 373k	303 K ; 373 K
262 :	P, T	*P, T*
	(எண்மானத்துக்கும் அலகுக்கும் இடையில் ஒரெழுத்து இடைவெளி தேவை)	
: 16	வெப்பநிலை மானிகள்	வெப்பநிலைமானிகள்
263 : 16	Lavosier	Lavoisier
: b 2	Calor	calar
264 : 7	0.028 35 Kg(=10 Oz)	0.028 35 kg (=10 oz)
: 19	1	(1)
: 21	லவாய்ச்சியர்	லவாய்சியர்
265 : 3	வெப்பயியைப்	வெப்பஇயைப
: 7	வெய்யாவிக்கு	வெய்யாவிக்
: 9	4·1855 J	4.185 5 J
: 25	கிலோ கலோரி	கிலோகலோரி
: b 8, 6	thermic	thermie
: b 4	106	10^6
: b 1	Steam; Water Vapour	steam; water vapour
266 : 21	10C	1°C
: 22, b 1	1900.4J	1 900.4 J
: b 3, 4	L, M, Q, T, W	*L, M, Q, T, W*
267 :	H, J, Q, W; d, u, w	*H, J, Q, W; d, u, w*

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
267 : 9, 22	கிலோ கலோரி	கிலோகலோரி
: 23	வந்தால்	வந்ததால்
268 : 2	J	*J*
: 6	S1	SI
: 16	அகவும்	ஆகவும்
: 17	கிலோ கிராம்	கிலோகிராம்
: 18	மோல்	மோல்.
	அலகுகள்	அலகுகள் :
: 20, b 9	Jkg^{-1}	$J\ kg^{-1}$
: b 7	C	*C*
: b 6	வெப்ப நிலையை	வெப்பநிலையை
: b 3	(வெப்ப	'வெப்ப
: b 0		காண்க 6.3.3:7
269 :	C, c, m, t, d	*C, c, m, t, d*
	$Jkg^{-1}k^{-1}$; JK^{-1}; $°c^{-1}$	$J\ kg^{-1}\ K^{-1}$; $J\ K^{-1}$; $°C^{-1}$
: 3	வெப்ப நிலை	வெப்பநிலை
: 5	J^{-1}	$J\ K^{-1}$
: 9	$C = \frac{c}{m}$	$c = \frac{C}{m}$
270 :	(கெல்வினைக் குறிக்கும் 15 k-யும் roman capital K ; நிறைக்கான 13 m-உம் italic lower *m* ; தனிவெப்பக்கொண்மைக்கான 18 C-யும் italic lower *c* ; 15 t-யும் italic lower *t* ; 4 d-யும் italic lower *d* ; துணைக்கீழ்க்குறி p, v — italic lower *p, v*. மற்றும் அலகுக் குறியீடுகளுக்கு இடையில் இடைவெளி தேவை)	
: 13, 21	$(t_2\ t_3)$; $(t_2\ {}^{-}t_3)$	$(t_2 - t_3)$; $(t_2 - t_4)$
271 :	C_p , C_v	c_p, c_v
	R, J	*R, J*
: 5	வெளி வேலை	வெளிவேலை
272 :	L, M, T, Q, m	*L, M, T, Q, m*
	(தனிவெப்பக் கொண்மை) C, c	*c*
: 5	கிராம் <θ>	கிராம் ; <θ>
	செல்சி	செல்சியசு.
: 6	யசு எனவே	எனவே,
: 10	S1	SI
: 11	$kg^{-1}\ k^{-1}$	$J\ kg^{-1}\ K^{-1}$
: b 9	{C}cgs	$\{c\}_{cgs}$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
273 :	M, V, cm, c_m , c_s , c_v ,	M, V, c_m, c_m, c_s, c_v
: 23	cm ; k	c_m ; K
: 25	$°C^{-7}$	$°C^{-1}$
: b 1	$C_v = C_s \rho$	$c_v = c_s \rho$
274 :	L, M, T, c_v , l	L, M, T, c_v, l
: 24	Kilocal	kilocal
: 27	c, k	C, K,
: 28	(மறைவெப்பம்	மறைவெப்பம் (
: 30	தனி மறைவெப்பம்	தனிமறைவெப்பம்
	Specijic heat capacity	specijic latent heat
275 :	c, d, l, m, t	$c, d. l, m, t$
	°c	°C
	(கெல்வினுக்கான 12 k-யும் roman capital K)	
: 23	Jgk^{-1} k^{-1}	J kg^{-1} K^{-1}
: b 5		= 290.4 J (சேர்க்க)
: b 4	× 290.4	= 290.4
: b 2	× 290.4 J × 1283 J	+ 290.4 J = 1283 J
276 :	L,M,T,Q ; c,l,m,d,t	L,M,T,Q ; c,l,m,d,t
: 3	$2.729 \times 10^{3-}$ kg	2.729×10^{-3} kg
: 7	வெப்பச் சம்நீர்	வெப்பச்சமநீர்
: 15	C ; Kg	c ; kg
: 18	கணிசத்தை, மட்டும்	கணிசத்தை மட்டும்
277 :	('வாட்டு'க்கான 7 w-யும் roman capital W)	
	(அலகுக் குறியீடுகளுக்கு இடையில் இடைவெளி தேவை)	
	A, L, M, T ; q	A, L, M, T ; q
278 :	A, L, M, T, Q ; l, t	A, L, M, T, Q ; l, t
: 11	$100km^{-1}$	100 K m^{-1}
: b 2, 1	wm^{-1} k^{-1}	W m^{-1} K^{-1}
279 :	(நிறைக்கான 10 m-உம் italic lower *m*)	
	w	W
	(கெல்வினுக்கான 11 k-யும் roman capital K)	
	c, l, t	c, l, t
280 :	D, L, M, T ; C ; a	$D, L, M. T$; c ; a
	p, P, P_{cv}	ρ, ρ, ρ_{cv}
: 9	கடத்தம்'	கடத்தம்
: 11	தகவே,	தகவே.

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
280 : 22	kinetic	(kinetic
: b 3	SI	δT
281 :	A, L, M, T, S, Q ; t, d	A, L, M, T, S, Q ; t, d
	(கெல்வினுக்கான 4 k-யும் roman capital K)	
: 12	°c ; k^{-1}	$°C^{-1}$; K^{-1}
: 16, 17	w	W
282 :	Q, S, T ; d	Q, S, T ; d
: 12	ஒழுங்கிண்மை	ஒழுங்கின்மை
283 :	E, L, M, T, Q, S	E, L, M, T, Q, S
: 25, 26	$< \frac{E}{T} >$	$= < \frac{E}{T} > =$
284 :	L, M, T, Q, S ;	L, M, T, Q, S ;
	a, s, t, d, x ; s	a, s, t, d, x ; s
	Bs : $\frac{d}{dt}\left(\frac{s}{a}\right)$	B_s ; $\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{s}{a}\right)$
: 8, 9	$\left(\frac{Q}{T}\right)$	$< \frac{Q}{T} >$
: 13	kgfm	kgf m
: 21-22	(கடைசி) s	S
: 25, 26	k^{-1} (கெல்வின்)	K^{-1}
285 :	L, M, T, V, R, S ;	L, M, T, V, R, S ;
	a, b, t ; s	a, b, t ; s
	m (நிறை)	m
	P. Pi, pi	p, p_i, p_i
	k (கெல்வின்)	K
: 14	ρ	p
286 :	L, M ; a, b, m	L, M ; a, b, m
: 6	a°	a_o
: 12	b° ; b°	b_o ; b_o
: b 2	படும் தொடக்கத்தில்	படும். தொடக்கத்தில்
: b 9-10	(பகுதி பிரிக்கும் *	* * குறிகளை யிடுக)
287 : 9	ஓர்	ஒலி ஓர்
288 : 12	P°	p_o
: b 9-5	C, L, T ; e, f	c, L, T ; c, f
: b 3-1	(மூன்று வரிகளுக்குப் பதிலாக)	8.3.6. அடிக்குறிப்பைக் காண்க (எனச் சேர்க்க)
289 :	L, T ; c, f	L, T ; c, f
	k Hz, kH_z	kHz, kHz

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
289 : 4	செவிப் புலப்படுவன	செவிப்புலப் படுவன
: 5	imfrasonics	infrasonics
: 4-5	மேற் புறஒலி	மேற்புற ஒலி
: 10	அலை நிளத்தை	அலைநீளத்தை
: 14	மீடட்ர்	மீட்டர்
290 :	A, B, V ; t, v, x	A, B, V ; t, v, x
	Nm^{-2}	$N\ m^{-2}$
: 18	$1000H_z$	1000 Hz
: 22	0.0002	0.000 02
291 :	A, L, T, V ; v, t, x	A, L, T, V ; v, t, x
: 8	L^2T^{-1}	L^2T^{-1}
: 11	Sound	sound
292 :	L_I, I	L_i, I
: 2	சௌல்/மீட்டர்$^{-3}$	சௌல் மீட்டர்$^{-3}$
	Jm^{-3} ; Js^{-1},	$J\ m^{-3}$; $J\ s^{-1}$
: 18	$[I] = MLT^{-2}\ LT^{-1}$ $L^{-2}\ MT^{-3}$	$[I] = MLT^{-2}\ LT^{-1}$ $L^{-2} = MT^{-3}$
: b 3	Li டெசிபெல்லில்	L_I டெசிபெல்
293 :	L, L_p, P	L, L_p, p
: 5	P°	P_o
: 11	3	(நீக்குக)
: 14	செறுவு	செறிவு
: 22, 23	(, (,)	(நீக்குக)
: b 1	திறன் திறன் தகவு	திறன், திறன்தகவு
294 :	W ; P, V, c	W ; p, v, c
: 25	stewart	Stewart
: 27	ஒலியழுத்துக்கும்	ஒலியழுத்தத்துக்கும்
: 29	எனப்படும் ஒரு	எனப்படும். ஒரு
: b 7, 8	$V = \frac{P}{Pc}$	$v = \frac{p}{P_c}$
: b 3, 2	மடக்கை^{e}	மடக்கை$_e$
295 :	A,L,M,T,R,P,V,p,c	A,L,M,T,R,p,v,p,c
: 7	P	ρ
: 14	அமுத்தமானது	அழுத்தமானது
: 15	உருவாக்குமானால்.	உருவாக்குமானால்,
: 16	ஒலியில்	ஒலியியல்
: 17	Nsm^{-5}	$N\ s\ m^{-5}$
: 18	dyn s cm^5 = $10^5\ Nsm^{-5}$	dyn s cm^{-5} = $10^5\ N\ s\ m^{-5}$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
295 : b 8, 5	P	ρ
: b 3	T^1	T^{-1}
: b 1	Specific	specific
296 :	A, L, M, T, R ; v	$A, L, M, T, R; v$
: 4	*kg*	kg
: 13-16	$R\ mech = \frac{PA}{V}$	$R_{mech} = \frac{\rho A}{V}$
: 19	Kine	kine
: 20	விசையைத் தடைக்கு	விசையத்தடைக்கு
: 23, 24	Nsm^{-1}	$N\ s\ m^{-1}$
: b 4	மிகும்,	மிகும்;
297 :	I, K, f	I, K, f
	H_z	Hz
: 4	தீர்மாணிக்கலாம்	தீர்மானிக்கலாம்
: 10	(வரி முழுக்க தடித்த சரிவெழுத்தில்)	
: 11	O	o
: 12	$f_2 - f_1$	f_2 / f_1
: 20	$\log_{10}{}^2$	$\log_{10} 2$
: 22	சேவரர்ட்	சேவர்ட்
: b 3-5	(சென்டிஎண்மம், சென்டிஆக்டேவ் முன்னொட்டுக்கு அடுத்து இடைவெளி கூடாது)	
298 : 3	O	o
: 7	ஒலி வனமையே	ஒலிவலிமையே
: 26-27	ndB, n	n dB, n
: b 5	.;	;
: b 4	.	;
: b 3	உயர்த்துணரும்	உய்த்துணரும்
: b 1	வடவொழி	வடமொழி
299 : 3	கொட்கை	கொட்டகை
: 8, 15	P, p	ρ, ρ
: 17	α	$-\alpha$
: 21	10.4.4	10.4.5
: 24	என்பது என்பது	என்பது
: 25	(அப்பிரிதளத்தைக் கடந்துசெல்லும் ஒலியாற்றல் அளவுக்கும் ஆன—என்ற வரியைச் சேர்க்க).	
: b 3, 1	io ; X ; I = loe$^{-\delta x}$;	$I_o ; x ; I = I_o e^{-\delta x}$
300 : 6	பலகணியன்	பலகணியின்
: 11	c. சேபின்	C. சேபின்

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
300 : 25	ஒலி மீட்சி	ஒலி, மீட்சி
: b 5	ஐயாரப்பர்	ஐயாறப்பர்
: b 3	பல கணியைக்	பலகணியைக்
302 :	Γ, V, v, a, S, s, t	T, V, V, a, S, S, τ
: 3	ஒளியாற்றல்	ஒலியாற்றல்
: b 9, 10	fps-இல்... மீட்டர்	fps-ல்.. அடி
: b 3, 4	(பகுதி பிரிக்கும் * * * உடுக்குறிகளை யிடுக)	
304 : 8, 9	electro magnetic	electromagnelic
	(சென்டிமீட்டர், மில்லிமீட்டர், பெம்டோமீட்டர், கிலோமீட்டர் — என முன்னொட்டும் அலகும் சேர்ந்தே இருக்கவேண்டும்)	
: 21	அலை நீளம்	அலைநீளம்
: 23	x	x
: b 9	அளிக்கும் கதிர்ப்பு	அளிக்கும். கதிர்ப்பு
306 : 3	m ; x	m ; x
: 5	கிலோ எர்ட்சு, மெகா எர்ட்சு	கிலோஎர்ட்சு, மெகாஎர்ட்சு
: 7	W, N	w, n
: 23-28	(அட்டவணையின் முதல் இரு கலங்களில் உள்ள குறியீடுகள் l, m, t, I, ϕ ; L, M, T, y, Φ)	
: b 1	ஒளிர்வயப்	ஒளிர்வப்
307 : 4, 7, 8	L, L, C	l, l, c
: b 3	L, L, R	l, l, r
308 : 25	L, l; −I	l, i ; $-I$
309 : 2	I, y	I, y
: 7	C	c
: 12	B	b
: 21	I, C	i, c
310 :	x	x
: 23	101325 Nm^{-2}	101 325 $\mathrm{N\,m}^{-2}$
: 24	நிலளி	நிலவளி
: 25	600000	600 000
: b 3	C, C	c, c
: b 1	‘ ’	( )
311 : 5, 6	C, I, T ; t, y	$C, I, T ; t, y$
: 7, 8	L, F	l, f
: 13	அளவை /	(/-ஐ நீக்குக)
312 :	I, Q ; t, d, y ; Ω, φ	$I, Q ; t, d, y ; \Omega, \phi$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
312 : b 6	Q, L	q, l
313 :	A, I, L, R, y, d	*A, I, L, R, y, d*
: 5	L, E	l, e
: 16, 20	R	r
: 23	L, F, D	l, f, d
: 24	பாயம்	பாய
: 25	lm m^{-2} cgs	lm m^{-2} ; cgs
: 26	B	b
315 :	A, I, L, d	*A, I, L, d*
: 7	S	s
: 10, 22	O	o
: 24	cdm^{-2}	cd m^{-2}
: 27	U	u
: b 3	A^1	*A′*
316 :	A, E, L ; y, d	*A, E, L ; y, d*
	A^1	A′
: b 4	Lambert	lambert
317 : 5	Apostilb	apostilb
: 11	லெம்ப்ர்ட்	லெம்பர்ட்
: 13, 15	F, I	f, i
: 18, 25	I	i
: 21	R	r
: 23	E	*E*
: b 7	[E] = L^2y	$E = L^2 Y$
318 :	E, H, L, R, y, c, f	*E, H, L, R, Y, c, f*
: 5	L	l
: 16	Q, I ; H	q, i ; *H*
: 21	E	e
: b 10, 8	ms^{-1}	m s^{-1}
319 :	கதிர்ப்பு	கதிர்ப்ப
: 16, 20	R, E, I	r, e, i
: b 6, 5	Wsr^{-1}	W sr^{-1}
: b 1	Cr = Ir t	$C_r = I_r t$
320 :	L, M, T, Q, R_r, A ; y, d, t, I, L_r	*L, M, T, Q,* R_r, *A ; y, d, t, I,* L_r
: 2, 9	R, E, F, D, Q	r, e, f, d, q
: 16	R_r	R_r)
: b 1, 2	A^1	A′

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
321 :	E, H, L, M, T, r	E, H, L, M, T, r
	$Wm^{-2}sr^{-1}$; Jm^{-2}	$W\,m^{-2}\,sr^{-1}$; $J\,m^{-2}$
	S	S
	(321, 323, 325, 327, 329, 331ம் பக்கங்களின் தலைப்பு வரி ஒளியியல் என்று இருக்கவேண்டும்)	
322 : 2	S = E × H ≈ ≈ ≈	$S = E \times H$
: 3-4	S $\frac{C}{4\pi}$ E×H ; E, H ≈ ≈ ≈	$S = \frac{c}{4\pi} E \times H$; E, H
	T, R, c, u	T, R, c, u
	Jm^{-3} ; $Wm^{-2}k^{-1}$	$J\,m^{-3}$; $W\,m^{-2}\,K^{-1}$
: b 1-2	$\Phi_r\lambda$	Φ_{r_λ}
323 :	I, L, M, T ; r, f, d	I, L, M, T ; r, f, d
: 4	Wm^{-1}	$W\,m^{-1}$
: 18	[Φ]	[Φ].
: 20	y	ξ
325 : 4-6	400nm ; 555nm ; 700nm.	400 nm ; 555 nm ; 700 nm.
	பயனுறுதிறன்	பயன்மை
: 11	n	η
: 16-7	Φr ;	Φ_r
: 19	w	W
: b 7	L, M, T, Φ_r	L, M, T, Φ_r
: b 5	Vλ	V_λ
326 : 2-3	$V\lambda = \frac{n\lambda}{\eta_{உச்சம்}}$	$V_\lambda = \frac{\eta_\lambda}{\eta_{உச்சம்}}$
: 6,11,12	w	W
: 12	ηஉச்சம்	η உச்சம்
: 7	விசைய சமணி	விசையச்சமணி
: b 6	தோன்றும் இப்புள்ளி	தோன்றும்; இப்புள்ளி
327 : 2	லில்லை	வில்லை
: 4	கதிரும் விலகும்	கதிரும், விலகும்
	p, P, f, L	p, p, f, L
328 :	D, f, d	p, f, d
329 :	n, v	n, ν
331 :	I, L, x, n, e	l, L, x, n, e

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
331 :	ஔிர்வுப்	ஔிர்வப்
: 17	T	τ
: 22	I = I_o $e^{-}\alpha$ x	$I = I_o e^{-\alpha x}$
: 25	$e^{-\alpha n}$	$e^{-\alpha x}$
: b 4-5	(பகுதி பிரிக்கும் * * * உடுக்குறிகளை யிடுக)	
: b 6-7	(பகுதி பிரிக்கும் * * * உடுக்குறிகளை யிடுக)	
: b 8	(வரி 8 இடது ஓரம் தொடங்குக)	
332 : 4	Gk	Gk.
: 6	(காந்தங்களாக *என்ற சொல்லுக்கே உடுக்குறி)	
: 13	John christian oersted	(John Christian Oersted
333 : 20	mksa	mksA
334 : 7	1/3 × 10^{9} – A	$\frac{1}{3} \times 10^{-9}$ A
: 11	பிரைட்	பிரைட்,
: 26	என	பெயரில் ஆம்பியர் என
: b 6, 4	நிலை ஆம்பியர்	நிலைஆம்பியர்
	சாரா ஆம்பியர்	சாராஆம்பியர்
: b 5	B	β
335 : 12	வெள்ளிவோல்ட்டா...	வெள்ளி வோல்ட்டா...
: 15	11.1794mg	11.179 4 mg
: 18	விசையும்	விசையையும்
: 23	0·001 118,000	0.001 118 000
	1.11800mg	1.118 00 mg
: 24	ஆகும்,	ஆகும்,''
: b 1	0.999 85	= 0.999 85
336 : 10	ஆம்பியர்	ஆம்பியர்,''
: 25	உடைனவாக	உடையனவாக
: b 5	(9)	(6)
: b 1	(2 × 10^{-7} ஏன்? என்பது அடுத்த பக்கப் பத்தித் தலைப்பு)	
337 :	I, r, d	I, r, d
	(பாயம்) B, F	B, F
: b 1-2	F_e	F_l
338 : 3	I, r	I, r
: 1	1A	1 A
339 :	Q, F_e	Q, F_e
: 5, 7		(ாஐ நீக்குக)
: 5	NA^{-2} ; Nm^{-1}	N A^{-2} ; N m^{-1}

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
340 :	Q, I, T, t	*Q, I, T, t*
: 3	<As>	= <A s>
: 9, 16	S, V	s, v
: 15, 22	cm^{-2}, cm^{-3}	$C\ m^{-2}$, $C\ m^{-3}$
341 : 8	Electric Field	electric field
	(படம் 87 எதிர் மின்னூட்டப் பட அம்புக்குறி உவ் முகம் நோக்கி இருக்க வேண்டும்)	
342 :	D, E ; I, T, L	*D, E ; I, T, l*
	(≏ குறிகள் 5ஐயும் நீக்குக)	
: 8, 11	Vm^{-1}	$V\ m^{-1}$
: 22	A	*A*
: b 7	(வரி b 7 ஐ வரி b 8 உடன் தொடர்ச்சியாய்க் கூட்டுக)	
: b 3, 4	a ; Cm^{-2}	*A* ; $C\ m^{-2}$
: b 1	சானர்பீல்டு	சாமர்பீல்டு
343 :	D, E	*D, E*
: b 2	ஓரலகும்	ஓரலகுப்
344 :	D, E, P ; L, M, T, I	*D, E, P ; L, M, T, I*
	v	*U*
	Fm^{-1} ; pFm^{-1}	$F\ m^{-1}$; $pF\ m^{-1}$
345 :	E, P ; I, L, M, T, v	*E, P ; I, L, M, T, V*
	(சுழலம்) P	(சுழலம்) *p*
	(≏, ≑, ≈ போன்ற குறிகள் 6ஐயும் நீக்குக)	
	(x ஆறையும் χ (க்சை)யால் மாற்றுக)	
: 10, b 2	Cm^{-2} ; Fm^{-1}	$C\ m^{-2}$; $F\ m^{-1}$
	(x பதினொன்றையும் χ (க்சை)யால் மாற்றுக)	
	D, E, P ; L, M, T, I, v	*D, E, P ; L, M, T, I, U*
346 : 9, 14	Er	ϵ_r
: 10	$\epsilon\epsilon_0$ ϵr	$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$
: 17	Fm^{-1}	$F\ m^{-1}$
: 18	Ei	E_i
: 25	Vm^{-1}	$V\ m^{-1}$
: b 4	v	*U*
347 :	JC^{-1}	$J\ C^{-1}$
	E, L, M, T, I, Q, U, W	*E, L, M, T, I, Q, U, W*
: b 4	$L^2 MT^{-3} I^{-1}$ [E]	$L^2 MT^{-3} I^{-1}$; [*E*]
: b 3	மின்னியக் காற்றல்	மின்னியக்காற்றல்
: b 2	Sun	SUN

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
348 :	E, U	*E, U*
	3¯0, 2¯0, 1¯0	3-0, 2-0, 1-0
: b 10	$U_{3_} (U_1 + U_2)$	$U_3 - (U_1 + U_3)$
: b 9	எ-டு மின்	எ-டு. மின்
349 :	Q, t	*Q, t*
: 18	12.1.18.	12.1(B)
: 24-5, 8	I	*I*
: b 7	மின்னூட்ட	மின்னூட்டப்
: b 5	cs^{-1}	$C\ s^{-1}$
: b 3	density)	density – *j*)
350 :	j, P, E; L, M, T, I, F, l	*j, P, E; L, M, T, I, F, l*
	≂	(நீக்குக)
: 5	Am^{-2}	$A\ m^{-2}$
: 7	ρ ≂	*P*
: 14	Pe = a × l ≂	$P_e = Q \times l$
: 17	Cm	C m
: b 1	112, 113 (12.5.6)	113, 114 (12.5.6))
	Pe, Pf	P_e, P_f
353 :	B, H, F; L, M, T, I, a, l	*B, H, F; L, M, T, I, a, l*
: 9	நொடி வீபர்	நொடி, வீபர்
: 18	$[V][s][L^2 MT^{-3} I^{-1}]$ / [T]	$[V][s] = [L^2 MT^{-3} I]^{-1}$ / [T]
: b 4	Atm^{-1}	$At\ m^{-1}$
: b 1	wb	Wb
	β ≂	*B*
354 : 2	$a, MT^{-2} I^{-1}$	$a, MT^{-2} I^{-1}$
: 3	<B> = $wb\ m^{-2}$	<B> = $Wb\ m^{-2}$
: 7	sun	SUN
: b 9, 7	x, l, d	*a, I, d*
: b 4, 5	$B \doteq = \frac{\mu_o a^2 I}{2 (r^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_o a^2 I}{2 x^3}$	$B = \frac{\mu_o a^2 I}{2 (a^2 + d^2)^{3/2}} = \frac{\mu_o a^2 I}{2 x^3}$
: b 3, 2	Fm^{-1}: r, N	$F\ m^{-1}$; *a, N*
355 :	B, H ; L, M, T, I	*B, H ; L, M, T, I*
: 2-3	β ≂	*B*

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
355 : 12, 19	Fm^{-1} ; Am^{-1}	$F\ m^{-1}$; $A\ m^{-1}$
356 :	H ; I, l, r	*H* ; *I, l, r*
: b 7	peameability	permeability
357 :	B, H ;	*B, H* (magnetic field)
	L, M, T, I, a, l, Im	*L, M, T, I, a, l,* I_m
: 9, 10	Am^{-1} ; <μ>Hm^{-1}	$A\ m^{-1}$; <μ> = $H\ m^{-1}$
: 14, 15	Im ; wb	Wb ; I_m
: b 1	Hm^{-1}	$H\ m^{-1}$
: b 0	(permeauc - ஐப் 'புக்கியம்' எனலாம்) —எனச் சேர்க்க.	
358 :	F ; I, K, L, Q, T, d, r	*F ; I, K, L, Q, T, d, r*
	Ke, Km	K_e, K_m
: 3	(diamagnetic	(diamagnetic)
: 4	para magnetic ; ferro	paramagnetic ; ferro-
: 12	Ae	Ac
: 17	பெர்மல்லாப்	பெர்மல்லாய்
: 19, 20	Hm^{-1}	$H\ m^{-1}$
: b 2	km km^{-1} ; $[L^{-1}]^2$	K_e, K_m^{-1} ; $[LT^{-1}]^2$
359 :	C, L, T, c, k	*c, L, T, c, K*
: 2, 3	k_e, k_m	K_e , K_m
: 14, 15	ms^{-1} ; s^{-10}	$m\ s^{-1}$; s^{-1}
360-61 :	E, D, B, H, F	*E, D. B, H, F*
	L, M, T, I, Q, P	*L, M, T, I, Q, P*
: b 6, 7	$NC^{-1} = NA^{-1}\ S^{-1} = Vm^{-1}$	$N\ C^{-1} = N\ A^{-1}\ s^{-1} = V\ m^{-1}$
: 11	A	*A*
: 12, 13	$Cm^{-2} = Asm^{-2}$	$C\ m^{-2} = A\ s\ m^{-2}$
	$F\ m^{-1}$; $C^2\ Jm^{-1}$; Nm^{-2} ; Jm^{-3}	$F\ m^{-1}$; $C^2\ J\ m^{-1}$; $N\ m^{-2}$; $J\ m^{-3}$
362-63 :	B, H, F	*B, H, F*
	L, M, T, I, Q, P	*L, M, T, I, Q, P*
: 5, 6	$NA^{-1}m^{-1} = wbm^{-2}$	$N\ A^{-1}\ m^{-1} = Wb\ m^{-2}$
	Am^{-1}; Nm^{-2} ; Jm^{-3}; A^2mJ^{-1}	$A\ m^{-1}$; $N\ m^{-2}$; $J\ m^{-3}$; $A^2\ m\ J^{-1}$
: b 1	'கோஸீ'ன்'	'கோஸீன்'
364 :	B, D, E, H (கணிசம்)	*B, D, E, H*
	L, M, T. I, P	*L, M, T, I, P*
: 9, 10	Hm^{-1} ; Fm^{-1}	$H\ m^{-1}$; $F\ m^{-1}$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
364 : 15	C²	c^2
: 21	Nm	N m
365 : 2, 4, 6	Ns	N s
	B.D	$B \cdot D$
	N, I, Im, Fm,	N, I, I_m, F_m
366 :	B, F, H	B, F, H
	I, I_m, U_m, r, s	I, I_m, U_m, r, s
: 17	op	OP
367 :	F,I,L,M,T,P,Um,W,r	$F, I, L, M, T, P, U_m, W, r$
: 5-6	$\frac{1}{4\pi} = \frac{P}{r}$	$\frac{1}{4\pi} \times \frac{P}{r}$
: 14	$LMT^{2} M^{-2} I^{-2}$	$LMT^{-2} I^{-2}$
: 15	P_k	P_K
: 17	$[FI^{-2}]^{-1} FLI^{-1} = I$	$[FI^{-2}]^{-1} FLI^{-1} L^{-1} = I$
368 :	L,M,T,V,R,I,Im,Rm	$L, M, T, V, R, I, I_m, R_m$
: 12-20	λ	Λ
: 21-b 1	M, $\underline{M}$, $\underline{\underline{M}}$, $\underline{\underline{m}}$	M, M, M, m
: b 1	Am^{-1}	$A\ m^{-1}$
369 :	M,M,H,H.B,B,T,T,j	$M, M, H, H, B, B, T, T, j$
	xm, X_m	χ_m, χ_m
: 9,18-20	L, M, T, I, A	L, M, T, I, A
: 21,27-28	m, m	m, m
: 20, b 3	wbm ; Am²	Wb m ; A m²
: 15	அல்லவு	அல்லது,
370-71 :	T, T, B, $\underline{\underline{m}}$	T, T, B, m
	L, M, T, I, A, P, l	L, M, T, I, A, P, l
371 : 4	electro magnetic	electromagnetic
372 :	$m = \mu_o IA$	$m = \mu_o IA$
: 3-4	பரிந்துறைத்த	பரிந்துரைத்த
: 3-17	I, A ; (moment) m	I, A ; (moment) m
	140 mm, 70 mm, ,07 m	140 mm, 70 mm, 0 07 m
	·07, ·0154, Am^{-2}	0 07, 0.0154, $A\ m^{-2}$
: 23-28	M, P, i, m ; M, P, i, m	M, P, i, m ; M, P, i, m
	f, H, B, T ; l, q	f, H, B, T ; l, q
	Nm, Cm, Am²	N m, C m, A m²

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
373 :	F, H, B	F, H, B
	L, M, T, I, P, Qm	L, M, T, I, P, Q_m
: 2	2 ; (ρ)	12 ; P)
: 19	Am	A m
: 24	ρ	P
: b 8,7,6	(μ_0P$_1$; 4π ; μ^0	($\mu_0 P_1$) ; $4\pi\mu_0$; μ_0
374-75 :	F, m	F, m
	A,I,L,M,T,P,K,K$_m$,l,r	A,I,L,M,T,P,K,K_m,l,r
374 : 5,19,21	Hm^{-1} ; A$_m$	H m^{-1} ; A m
	wbm, Wbm, Wbm^{-2}, Hm^{-1}	Wb m, Wb m, Wb m^{-2}, H m^{-1}
	Am, Am^2, Am^{-1}	A m, A m^2, A m^{-1}
375 : 16, 18	M ; Xm	M ; χ_m
: 23	2I, I$_2$	$2I_1$ I_2
: b 7	Rmks A	RmksA
376-77 :	F, B, H, (சுழலம்) m	F, B, H, m
	Bm, Hm	B_m, H_m
	A,C,I,T,U.W,l,p,r,ds	A,C,I,T,U,W,l,p,r,ds
: 8-9,10	cos^2	$\cos^2\theta$
: 11	θ	(நீக்குக)
: 11-16	θ Um	U_m
: 12	TT	π
: 19-22	mH, Hm, Bm, mB	$m H$, $H m$, $B m$, $m B$
: 23	$\chi_m = \frac{\mu_r - 1}{4\pi}$; $\chi_m = \mu_0 (\mu_r - 1)$;	$\chi_m = (\mu_r - 1)$
378 :	F ; P, r	F ; P, r
: 4	அமைகிறது சரிதான்,	அமைகிறது; சரிதான்.
: 10	S1	SI
: 15	12.1.49	12.1.38(2)
: 21	வாம்பாட்டில்	வாய்பாட்டில்
379-83 :	(பிழை திருத்த முன்னுரையின் 4, 5, 6, 7 பத்திகளின் நெறிகளை மேற்கொண்டு இந்த 5 பக்கங்களையும் திருத்த வேண்டும்)	
	B, H, (சுழலம் m, BH	B, H, m, B_H
	L, P, b, d, l, w, x	L, P, b, d, l, w, x
	(மாறிலி K மட்டும்)	K

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
379 : 3, 6	Am, magneto statics	A m, magnetostatics
: 27	$\times = 1355$	$X = 135\ 5$
: b 8	of)	of experiment)
: b 6-7	m, $X^3 \times$, $\times^3$	m, $X^3 =$, X^3
380 : 5, 26	Pole	pole
: 16	4π, π_r	4π, μ_r
: 21	$(d+1\ 1^2)$ $(d+1^{-2})$	$(d+1)^2$ $(d-1)^2$
: 26	$P = \frac{m}{Zl}$; Am	$P = \frac{m}{2l}$ A m
: b 8	B_H . $36.36\mu T$	(B_H) 36.36 μT
: b 2	B_H $2 \times 10^{-5} T$	B_H, $2 \times 10^{-5} T$
381 : 8	Tan	tan
: 9	45°tan45°	45° ; tan 45°
: 12-13	=	K =
: 20	143, $10^{-5} \times 1)$	0.143, $10^{-5}) \times 1$
382 : 3	$\mu^0 = 4TT \times 10^{-7}$, ' ' $\mu_r = 0$	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$, $\mu_r = 1$
: 16	நோரம்	நேரம்
: [illegible]	நொடி காந்தத்தின்	நொடி; காந்தத்தின்
: b 8	நிலையில்m/B_H	நிலையில் m/B_H
: b 7	ml B_H	m/B_H
: b 5	m θ	m ; θ
: b 3	10^{-1}	10^{-7}
383 : 8	(x)	.........(x)
: 13	002500	0.002 500
: 14	Moment	moment
: 15,17	1 , Kg	I , kg
. 18,20	$4\pi^2/$; $4^2\pi$	$4\pi^2 I$; $4\pi^2$
: 22	(y)	.......—(y)
: 24	10^{-3}	10^{-5}
: b 2	B_H 2×10^{-8}	B_H, 2×10^{-8}
384-385 :	A,E,L.M,T,R,G,U,l (கணிசம்) I	A,E,L,M,T,R,G.U,l I
384 : 3	ELECTRO MAGNATIC	ELECTROMAGNETIC
: b 6	ஓம் குறியீடு	ஓம். குறியீடு
385 : 8	முறையே	முறையே
: 9	<P> ; (Ωm)	<ρ> (Ω m)

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
385 : 17	$L^{-2}M^{-1}T^{3}I^{2}$	$L^{-2}M^{-1}T^{3}I^{2}$
: 19	வால் தலை	வால்-தலை
: 24	Sl	SI
: b 3	r	γ
: b 2, 1	Sm^{-1}, $L^{3}M^{-1}l^{3}l^{2}$	$S\,m^{-1}$, $L^{-3}M^{-1}T^{3}I^{2}$
386 : 8, 11	c	C
: 27	காந்தம், சுருட் சுற்றில்	காந்தப், சுருட்சுற்றில்
: b 7	கொண்டு	கொண்மி
: b 5	கலைச் சொல்லாகக்	கலைச்சொல்லாகக்
387 :	F ; L, M, T, I	F; L, M, T, I
: 6	$L^{2}MTM^{-3}l^{-1}$	$L^{2}MT^{-3}I^{-1}$
: 10,15	WbA^{-1}, em	$Wb\,A^{-1}$ cm
: b 6	A	Λ
388 : 12	கனிசங்களாகும்.	கணிசங்களாகும்.
388-389 :	α -ஐ தகவுக்குறி ∝ யாக மாற்றுக; கணிசங்கள் சரிவெழுத்தில்	
388 : b 6	Q = GCU	$Q = CU$
: b 5	<*G*> S, <L> H	<*G*>=S; <*L*>=H
: b 4-3	$\frac{I}{A} = \frac{G}{e} \times \frac{U}{e}$; $\frac{\Psi}{A}$	$\frac{C}{e} \times \frac{U}{e}$; $\frac{\Phi}{A} = \frac{L}{l} = \frac{I_m}{e}$
: b 1	$j = \gamma = E$	$j = \gamma E$
389 :	G, C, L ; j, B; D	G, C, L; j, B, D
	$A\,m^{-2}$, $C\,m^{-2}$, $Wb\,m^{-2}$ $S\,m^{-1}$, $F\,m^{-1}$, $H\,m^{-1}$, $V\,m^{-1}$, $A\,m^{-1}$ என அலகுக் குறிகளுக்கு இடையில் இடைவெளி	
: 11	j_n, D_n, B_n	j_n, D_n, B_n
: 12	மேல், பத்தி பிரிக்கும்	* * * உடுக்குறிகள்
390-391 :	B,D,E,F,H; I,K,P,Q,r	B,D,E,F H; I,K,P,Q,r
	Fe, Ke, Km,	F_e K_e K_m
390 : 12	γ	r
391 : 8,11,16	Ks, K_4, Ks	K_4, K_5, K_6
: 13	கப்பியில்	கம்பியில்
392 : 12,13	—	6 (எண் கலத்தில் 6)
393 : b 1	10	10^{10}
394-395 :	B, D, E, F, H	B, D, E, F, H
	(பரிமாணம்) F ;	F,
	I, K, L, M, T; Q, U, C	I, K, L, M, T, Q, U, c

394 : 19, b 2	esu ε, F[½]	—esuε, [$F^{\frac{1}{2}}$]
: 11	[emu 3]	emu(3)
: 18	$M^{\frac{1}{2}} F^{\frac{1}{2}}$	$M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}}$
396-397 .	c, c^2, C, C^2 ; m, V, E	c, c^2, c, c^2, m, V, E
396 : 6	c ஒளியின்	c-ஒளியின்
: b 9-8	cgs Bi cgs Fr, mks A	cgsBi cgsFr mksA
: 8	ஒரியன்மை	ஒரியன்மைப்
397 : b 10	Velocity	(velocity
: b 7-8	$\frac{EV}{m}$ ∴ $\rho = \frac{m}{v}$	$\frac{EV}{m}$ ∵ $\rho = \frac{m}{v}$
398-399 :	F ; L, M, T, I, Q, R, r cgs εo mks εo	F ; L, M, T, I, Q, R, r, cgsϵ^0 mksϵ^0
398 : 2	மதிப்புகளை	மதிப்புகள்
: 12,13	csu, csu(4), emu;(4)	esu, esu(4), emu(4)
399 : b 9-8	stat coulomb, நிலை ஆம்பியர், நிலை வோல்ட், நிலை ஓம்	statcoulomb, நிலைஆம்பியர், நிலைவோல்ட், நிலைஓம்
: b 4	electro statics	electrostatics
400-401 :	(1 முதல் 11 வரையான பத்திகளை (1) .....(11) பக்க ஓரத்தில் இருந்தே தொடங்க வேண்டும்) (statcoulomb — statC, statV, statA, நிலைவோல்ட், நிலைஆம்பியர், abA, abV என இடைவெளியின்றி இருக்க வேண்டும்) $G, L, M, T, I, Q, U, V, W, R, I, t, j, x, d, r$ } யாவும் சரிவெழுத்தே	
	(ஒளியின் கதி) C, c	c, c
400 : 4	stat-	(stat-
: 5	) "இது	). இது,"
: 11	Frauklin	Franklin
: 13	state C = $\frac{1}{C}$ abc = $\frac{10}{c}$	statC = $\frac{1}{c}$ abC = $\frac{10}{c}$
: 14	Q ÷ A	$Q \div A$
: 15,16	L^{3}; static cm^{-3}	L^{-3}; statC cm^{-2}
: 17		1 statC $cm^{-2} = \frac{1}{c}$abC $cm^{-2} = \frac{1}{3 \times 10^{12}}$ C m^{-2}
: b 4	Am^{-2}	A m^{-2}
401 : 14	1 stat V = C ab V = 800V	1 statV = c abV = 300V

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
401 : 18-20	C, c, c^2	c, c, c^2
: b 8-1	$\rho = R \times A \div l;\ G = I \div U,$	$\gamma = GA \div l,\ C$
402 - 03 :	E,F,H,f ; I,L,M,T,P,Q, (பருமம்)v, (பரப்பு)A, c	$E,F,H,f;\ I,L,M,T,P,Q$ $V,\ A,\ c,$
402 : 2-3	abc, v	abC, V
: 24,29	$L^{\frac{2}{3}}$	$L^{\frac{3}{2}}$
: 25	$[P] = L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}$.	$L = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{\frac{1}{2}}$
403 : 14	1 abC $= 3 \times 10^{10}$ stC $= 10$ C	
: 17,20	$L^{-\frac{2}{3}},\ L^{\frac{2}{5}}$	$L^{-\frac{3}{2}},\ L^{-\frac{5}{2}}$
: 18	abc/$cm^2 = 1000^0\ cm^{-2}$	abC/$cm^2 = 1000\ C\ m^{-2}$
: 22	abc/$cm^3 = 10^6\ cm^{-3}$	abC/$cm^3 = 10^6\ C\ m^{-3}$
: b 1-2	abv ; $cm^{-1}\ 10^{-4} Vm^{-1}$	abV ; $cm^{-1} = 10^{-4}\ V\ m^{-1}$
403-10 :	கணிசம் எண் 2 → 9 ஐ பிறைக்கட்டுள் இடுக; 7 → 33, 46 பக்க ஓரத்தில் (1, 34 → 45ஐப் போன்று) தொடங்குக. ஆங்கிலக் கலைச் சொற்கள் பிறைக்கட்டுள் (அல்லது பிறைக் கட்டின்றி) ஒரே சீராக இருக்க வேண்டும்.	
404-405 :	$D, E, H, P;\ A, L, M, T, U, W, Q, t, p;$ (பருமம்) v — V என யாவும் சரிவெழுத்தே!	
: 4, 5, 8	μ_0; Bis , 10 c ; cm^{-2}	$\mu_0^{-\frac{1}{2}}$; Bi s; 10 C; $C\ m^{-2}$
: 10, 18	$\mu_0^{\frac{1}{2}},\ \mu_0^{\frac{1}{2}}$	$\mu_0^{-\frac{1}{2}},\ \mu_0^{-\frac{1}{2}}$
: 18	$[P] = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} \mu_0^{-\frac{1}{2}};\ [V] = L^3$ எனத் திருத்துக	
: b 8-1	X, Xe	$\chi,\ \chi_e$
405 :	Ei	E_i
: 15	10^{-8}v	10^{-8} V
: b 7, 8	$\mu_0^{\frac{1}{2}},\ \mu_0^{\frac{1}{2}}$	$\mu_0^{-\frac{1}{2}},\ \mu_0^{-\frac{1}{2}}$
: 6	அப் ஆம்பியர்	அப்ஆம்பியர்
406-407 :	B,H,P,f,j ; L,M,T,I,l	$B,H,P,f,j;\ L,M,T,I,l$
406 : 17	C	c
: 20,21,22	$\mu_0^{\frac{1}{2}},\ \mu_0^{\frac{1}{2}};\ Am^{-2}$	$\mu_0^{-\frac{1}{2}},\ \mu_0^{-\frac{1}{2}};\ A\ m^{-2}$
: 28	fA ÷ IL	$fA \div Il$
: b 2	$_0\mu^{\frac{1}{2}}$	$\mu_0^{\frac{1}{2}}$
407 : 8	கப்	காப்
: 20	[H] $L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$	$[H] = L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_0^{-\frac{1}{2}}$
: 23	em^{-2}	cm^{-2}
: b 1	எர்ஸ்டெட்தான்	எர்ஸ்டட் தான்.
408-409 :	$B, H, F, j;\ K, L, M, T, N, P, V, d, l, r, I$ என யாவும் சரிவெழுத்தே!	

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
408-409 :	Im, Um, Rm, Km	I_m , U_m „ R_m , K_m
408 : 3	$\mu -_o$	$\mu_o -$
: b 10-8	எனவே $[R_m] = L^{-1} \mu_o^{-1}$	
	இதன் அலகு $<R_m>$ = Bit Mx^{-1} = $(Bit)^2$ erg^{-1}.	
	அஃதாவது	
	$<R_m>$ = பயாட்சுற்று/மேக்சுவெல்	
	= பயாட்சுற்று/எர்கு	
: b 3, 2-1	உர்கு, dig t	எர்கு, digit
409 : 3	M = m = ÷ V = I ÷ 1	$M = m \div V = I \div l$
: 7	Km = M ÷ H	$K_m = M \div H$
: 12	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{5}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1} \mu_o^{-\frac{1}{2}}$
: 14	m = T ÷ B	$m = T \div B$
: 15	பியாட்	பயாட்
: 19	P = m ÷ 1	$P = m \div l$
: 21	பயாட் சுற்றுசென்டி மீட்டர்	பயாட்சுற்று சென்டிமீட்டர்
: b 9	$\mu_o 1$	$\mu_o = 1$
: b 8	ஒட்டமும் வேறுப்	ஆட்டமும் வேறு
: b 2	$\mu \simeq 1$; வெற்றிடத்துக்கு $\mu = 1$.	
410-411 :	L,M,T,I,A,G,R,U,	L,M,T,I,A,G,R,U
410 : 5	$LT^{-}\mu_o$	$L\,T^{-1}\,\mu_o$
: 6-7	$\frac{10^{-8} \text{ வோல்ட்}}{10 \text{ ஆம்பியர்}}$ 10^{-9}ஓம்	$\frac{10^{-8} \text{ வோல்ட்}}{10 \text{ ஆம்பியர்}} = 10^{-9}$ஓம்
: 8	(α Ω	(α Ω)
: 10	மின்தடைய	மின்தடையம்
	resistivity P	resistivity — ρ
: 11	ρ = R.A ÷ 1	$\rho = R \cdot A \div l$
: 14	$L^{-}T\,\mu_o^{-1}$	$L^{-1}\,T\,\mu_o^{-1}$
: 16	—i	γ
: 17	γ = G.1 ÷ A[γ]	$\gamma = G \cdot l \div A$. [γ]
; 19-20	C	*C*
: 21, b 6	μ_o	μ_o
: 21	abfarard ; அப்ரேட்	abfarad ; அப்பேரட்
: b 5-6	(b 7-8 இன் சமக்குறியை = , b 6-5 வரிக்கு முன் கொணர்க)	
: b 4	அலகுகளை	அலகுகள்
: b 2	என்பது	என்பதற்கு

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
411 : 10	மட்டமன்றி	மட்டுமின்றி
: b 10	பரிமானம் கதி	பரிமானம், கதி
: b 7-1	C	c
: b 8	i	1
: b 1	<c> = cms^{-1}	<c> = cm s^{-1}
411 :	துணை மேற்குறி (superscript) $\frac{1}{2}$ என்பதை $-\frac{1}{2}$ என ஆக்குக.	
412 :	I, C	I, c
: 14	கெகண்மத்தை	கொண்மத்தை
: 15	Cms^{10}	cm s^{-1}
: 21, 23	(எல்லாக் குறியீடுகளும் சரிவெழுத்து ; B, D, E, H தடித்த சரிவெழுத்து)	
: 25	egs	cgs
: b 7	குறியிடும்	குறியீடும்
413 : 16	) இது	). இது
: 19	தொடர்பு	தொடர்பு :
: 20-27	Q, I, U, R, c, L	Q, I, U, R, c, £
	(அட்டவணையின் இரண்டாம் கலத் தலைப்பை நேராக்குக)	
: 22	abc (= 1Bi) ; stat c	abC (1 = Bi s); statC (Fr)
: 23	F_r	Fr s^{-1}
: 24	abv, stat v	abV, statV
: 26	$\frac{1}{9} \times 10^{20}$	$1/9 \times 10^{20}$
414 : 7	செ.மீ.	செமீ (cm)
: 19	போலவே	போலவே—
: 26	0.999 54 பேரட்	0.999 51 பேரட்
: 21-27	(பதினப்புள்ளி நிறுத்துப்புள்ளிபோல் இருக்க வேண்டும்)	
415 : 2, 3	ஆற்றல் திறன்	ஆற்றல், திறன்
	முதல் அட்டவணையில் கணிசக் குறியீடுகள் அனைத்தும் சரிவெழுத்து; B, H, M-தடித்த சரிவெழுத்து. துணைக்கீழ்க்குறி Q_m, U_m, R_m. கணிசக் குறியீட்டுக் கலத்தைச் சரிசெய்க.	
: 7, b 11	அலகுகள்	அலகுகள் :
416 : 3-6	E, P, D; ϵ_0	E, P, D; ϵ_0
: 13	நொடி	—நொடி
: 20	நேரடியாக	(நீக்குக)
: b 4	சிராக்கம்	சீராக்கம்

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
417 :	A, l	*A, l*
: 13	(காண்க	காண்க
418 :	F; Q, n, r	*F; Q, n, r*
419 : 23	HU	HLU
420 : 4	$K_4 = \frac{1}{2\pi\gamma}; K_6 = \frac{1}{\gamma}$	$K_4 = \frac{1}{2\pi c}; K_6 = \frac{1}{c}$
: 8	செ.மீ.	cm (செமீ)
: b 4	$(4\pi^{\frac{1}{2}})$	$(4\pi)^{\frac{1}{2}}$
421 :	கலம் 1-ல் *Q, I, U, R, C, L*–சாிவெழுத்து; *E, B* தடித்த சாிவெழுத்து. கலம் 3, 4இல் *C, C*–சிறிய சாிவெழுத்து *c, c*; கலம் 5இல் எண்மானத்துக்கும் அலகுக்குறியீட்டுக்கும் இடையில் ஓர் எழுத்து இடைவெளி தேவை.	
: 10	vm^{-1}	$V\ m^{-1}$
: 8, 9	2	1
422-23 :	F, B, H; I, R, a, d, r, c	*F, B, H; I, R, a, d, r, c*
: 22	1	*I*
: b 6	முரன்பாடு	முரண்பாடு
: b 1	F = H	*H*
423 : 20	csg	cgs
: 22-23	$C = \frac{\epsilon_0\ 1}{2\ \log e\ (R_2/R_1)}$;	$C = \frac{2\pi\ \epsilon_0}{\log e\ (R_2/R_1)}$
424 : 7	B, D, E, H	*B, D, E, H*
: 20	சேரலாதன்;	சேரலாதன்'
425 : 2	நை ⅃	நடை—
: 10	$10^7\ g\ cm^2\ s^{-2} = (10^x)\ g\ (10^y)^2\ cm^2\ (10^z)^{-2}\ s$	
: 13	gcm^2	$g\ cm^2$
: 23	10^{-1}	10^{-2}
426 : 13	Griogi	Giorgi
: 16	ஆனர்சு'	'ஆனர்சு'
: b 9	ஈடுபட்டிருந்தாா்	ஈடுபட்டிருந்தாா்.
427 : 1	*B, D, E, H, M, P;*	*Q, I, U, R, C,* I_m, *L*
: 2-5	c	*c*
	(2ஆம் வாிசை கலம் 9, 10 $4\pi \times 10c$, $4\pi \times 10c$, எனவும் கடைசிக் கலம் $10^9/4\pi c$ எனவும் இருக்க வேண்டும்)	
428 : 5	ஐக்	ஐ
: 22	மின்புல ; J, B	மின்புலம் ; *J, B,*

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
: 23	Cm	cm
: b 4	B ராம்	கிராம்
: b 3	பேரசிரியராக	பேராசிரியராக
429 : b 10-2	B, H	B, H
: b 7	Oersted	oersted
430 : 4	பட்டிருந்தால்	பட்டிருந்ததால்
: 12	சீராக்கமுற்றது	(சீராக்கமுறாதது)
: 22	கனிசங்களின்	கணிசங்களின்
: b 8	C	c
431 :	L, M, T, I, R, P	L, M, T, I, R, P
432-33 :	அட்டவணை 2ஆம் கலத்தில் B, D, E, H, M, m தடித்த சரிவெழுத்து; பிற சரிவெழுத்து 3ஆம் கலம் சரிவெழுத்து.	
432 : b 5	mksc	mksC
433 : 16	mksc	mksC குறியீடு
	பரிமாணம்	mksC பரிமாணம்
: b 6	$L^2T^{-1}Q\ (L^2MT^{-1}Q^{-1})$ 35*	
: b 5	$LT^{-1}Q\ (L^2MT^{-1}Q^{-1})$ 36*	
: b 2	LM^2Q^{-2}	LMQ^{-2}
435 : 9	Herts ஒரு சாலை	Hertz ஒருசாலை
: 12	தாடரவில்லை	தொடரவில்லை
: 15, 16	மூன்று டன்	மூன்றுடன்
435 :	Q, P, C, (மாறிலி) V	Q, P, c, V
436 : 6	Js^{-1}	$J\ s^{-1}$
: 15	Q=It	$Q = It$
: b 5, 4	F; I, l, r	$F; I, l, r$
437 :	Hm^{-1}, Fm^{-1}, As	$H\ m^{-1}, F\ m^{-1}$, A s
	U, Q, I, T, t, C, c, d	U, Q, I, T, t, c, c, d
: b 3	φ	(φ)
438-440 :	(இரு கணிசக் குறியீடுகளுக்கு இடையில் இடைவெளி தேவை)	
	B, D, E, H, j	B, D, E, H, j
	G,C,L,M,T,Q,U,a,d,l	G,C,L,M,T,Q,U,a,d,l
438 : 2	$[Q_m]\ [\Phi],\ T^{-2-}$	$[Q_m]\ [\Phi],\ T^{-2}$
: 3	$< Vdt > = Us$	$< Udt > = Vs$
: 18, b 2	ㄴ	£
: b 8	AU^{-1}	$A\ V^{-1}$
: b 4,7,10	4α3, 4α2, 4α1	4a3, 4a2, 4a1

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
: b 2-3	$< \frac{\Psi}{I_m}$	$< \frac{\Psi}{I_m} >$
439 :	Am^{-2}, $<D>Cm^{-2}$, Vm^{-1}, Am^{-1}	$A\ m^{-2}$, $<D> = C\ m^{-2}$, $V\ m^{-1}$, $A\ m^{-1}$
: b 9, 10	$J = Ia$	$j = \frac{I}{a}$
: b 7, 8	$\frac{I_m}{I} = E$	$\frac{I_m}{l} = H$
440 :	Im	I_m
: 4 - 5	$\frac{G}{I}$ஊடகத்தின்	$\frac{G}{l}$ · ஊடகத்தின்
: 8, 9	Fm^{-1}, Hm^{-1}	$F\ m^{-1}$ $H\ m^{-1}$
: 15, 18	B, E, H, F; I, U, Q, q	$B, E, H, F; I, U, Q, q$
: b 3	∟ ; Z_o	[∟ ; Z_o
441 : b 12	Clark	Clerk
: b 7-3	∇, D, E, B, H, j; c, t, δ	$\nabla, D, E, B, H, j; c, t, \partial$
442 :	F, P, Q, C, c	F, P, Q, C, c
: 11, 14	c , 7	σ , 8
: 21, 26	P ; △	ρ (ரோ) ; ∇
: b 1, 5	★ ; திசையாயின்	† , திசையியின்
: b 4	சுருட்டை	சுருட்டை'
443 :	∇,△,B,E,D,H,F,j,J Q, C, c, d, s, t, δ	$\nabla, \nabla, B, E, D, H, F, j, j$ $Q, C, c, d, s, t, \partial$
: 1	RSI	SI
: 7, 9	P , εrE, μrH	ρ (ரோ), $\epsilon_r E$, $\mu_r H$
: b 4	C, c	σ, σ
444 : 2-9	அடிக்குறிப்பு 443ஆம் பக்க அட்டவணைக் குரியது.	
: 13	ம்·	ம்.
: 17	$\frac{\partial B}{\partial t}$ $\dot{B}$; $\frac{\partial D}{\partial t} = \dot{D}$	
: 22-23	இடையில் 443ஆம் பக்க அட்டவணை வரவேண்டும்.	
445 : 20, b 4	2.2.11.; 2 2.11	2.2.13, 14; 2.2.14
: b 3	பிளத்தல் துமி	பிளத்தல் துமி
446 - 47 :	I, T, L, a, e, h, m	$I, T, L\ a, e, h, m$

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
: 16	நுண்துள்களின்	நுண்துகள்களின்
: 17, 23	முதல் h – h cross ($\hbar$)	
: 18	$\frac{h}{2\pi}\sqrt{j(i+h\pi)}$	$\frac{h}{2\pi}\sqrt{j(j+1)}$
: 23	Js , ergs	J s , erg s
: 26	$(\overline{2n+1/2})$	$(\overline{2n+1}/2)$
447 : 2	மூன்றாவது h	h cross ($\hbar$)
: b 2	e	*c*
448 : 5, 7	Am^2 , dyh em s^{-1}	dyn cm Gs^{-1} (Gs- gauss)
: 15	+ , Am^2	× , A m^2
: 7, 17	dyh; cm s^{-1}	dyn; cm Gs^{-1} (Gs- gauss)
: 21	தவறானது இதனை	தவறானது. இதனை .
: 24	$\mu_P = 2.9728\ \mu_N\ 1.4105 + 10^{-26}$ Am^2 $= 1.4105 \times 10^{-23}$ dyn cms^{-1}-ஐ $\mu_P = 2.9728\ \mu_N = 1.4105 \times 10^{-26}$ Am^2 $= 1.4105 \times 10^{-23}$ dyn cm s^{-1} என மாற்றுக.	
: b 4	e	*c*
449 : 4, 15	cm	C m (coulomb metre)
: b 8, 2	P, *P*; L, M, T, I	*P, P; L, M, T, I*
450, 51 :	E,P; I,N,M,T,a,e,t,c,r	*E, P*; I,N,M,T,a,e,t,c,r
450 : 4	[α] cgs	$[\alpha]_{cgs}$
: 20	N_oi t காலி	N_o ; t கால
451 : 2, 3	(superscript)²	(number) 2
: 7	$e^{t/\tau}$	$e^{-t/\tau}$
: 12	வாழ்வரையும்.	வாழ்வரையும்,
: 17	கருத்துக்கள்	கருத்துகள்
: 20	radins	radius
: b 3	பர்மி	பெர்மி
: 22, 25	m	*m*
452 : 7, 8	10^{-28} m^2	10^{-28} m^2
: 12	Hollowway	Holloway
: 18	கணிசம், விசை	கணிசம். விசை
: b 8	e v	eV
: b 4	$\frac{1}{2} m_e v^2 = eU$	$\frac{1}{2} m_e v^2 = eU$
: b 2	ஆச	ஆக.
453 : 7	V	U
: 8	10^{-21}	10^{-21} C

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
453 : 13	நேனோ மீட்டர், அலை நீளம்	நேனோமீட்டர், அலைநீளம்
: 15	K_eV, M_eV, G_eV	keV, MeV, GeV
: 17-20	$\frac{1}{2}m_e v^2 = eU$. எனவே $v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = 5.932 \times 10^5 U^{\frac{1}{2}}$ (m s^{-1})	
: b 6-5	$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{2}{2} KT$	$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{3}{2} kT$
: b 5	K, JK^{-1}	k, J K^{-1}
454-55 :	E, N, T, U, C, c, h	E, N, T, U, c, c, h
454 : 6	$\frac{3}{2} kT = eU$ அல்லது $T = \frac{2}{3} \frac{eU}{k}$	
: 5	eV	eU
: 8	= V	$= \frac{2 \times 1eU}{3 \times k} =$
: 8	JK^{-1}, 7733K	J K^{-1}, 7733 K
: 16	602.2169×10^{24} $Kmol^{-1}$	$6.022\ 169 \times 10^{23}$ mol^{-1}
: b 4	eV	eU
: 3	$\lambda U = (12395 + 2)$ A°V	$\lambda U = (123\ 95 \pm 2)$ ÅV
: b 1	123.9 nmV	123.9 nm V
455 : 1-26	γ, m, U, V, E, c	v, m, U, U, E, c
: 23	பொருண்மையும்	பொருண்மையையும்
: 27	ms^{-1} cms^{-1}	m s^{-1} cm s^{-1}
: 30	J^{-2}	J
: b 4-1	kgm^2s^{-2}, $kgms^{-2}m$, Nm	kg m^2 s^{-2}, kg m s^{-2} m, N m
	1g	1 g
456 :	m, n, h, c, R	m, n, h, c, R
	(கணிசக் குறியீடுகளுக்கு இடையில் இடைவெளி தேவை)	
: 12-13	அலை நிரல்	அலைநிரல்
: 15	n^2_1 , n^2_2	n_1^2 , n_2^2
: b 9, 8	மதிப்புடையது எடுத்துக்காட்டாக	மதிப்புடையது. எடுத்துக்காட்டாக,
: b 3	Rch = Ry, Ry, Ry−	R c h = Ry. Ry−
457 :	n, R, h, c, R_H	n, R, h, c, R_H
: 5	cms^{-1}	cm s^{-1}
: 7, 9	ev	eV

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
: 24	Photon	photon
: b1	★	*
458 : 20	11.4.2	11.4.3
: 22	Flux	flux
: b 7, 5-6	Wm^{-2} , $MeVcm^{-2}$ s^{-1}	$W\ m^{-2}$ $MeV\ cm^{-2}$ s^{-1}
: b 1	JM^{-2}	$J\ m^{-2}$
459 : 6	).	),
: 7	ஆற்றல்	ஆற்றல் அடர்த்தி அலகுகளிலும்
: 16, 20	அவவு, கான	அளவு, க்கான
: 21	ஊடகத்தில்.ஆன கதிர்	ஊடகத்தில் ஆன கதிர்-
: 25-27	$D = f \times s \div m$, $D =$ $[D] = L^2T^{-2}$	$MLT^{-2} L (M^{-1})$,
460 : 3, 4	×, அழிவுற்றது,	x, அழிவுற்றது'
: 18	அலகு-rep)	அலகு; rep
: 19	1.293mg	1.293 mg
: 20	esu	1 esu
: b 9	Ckg^{-1}	$C\ kg^{-1}$
461 : 2, 3	Ckg^{-1}	$C\ kg^{-1}$
: 5	(வரி 5ஐ 4 உடன் தொடர்பாக்கி நிறுத்துப் புள்ளியிடுக.)	
: 6, 9	Jkg^{-1}, $m_e V$	$J\ kg^{-1}$, MeV
: 11	$\mu c\ kg^{-1}mr$	$\mu C\ kg^{-1}$; mr
: 18, 23	32, V, 1ராண்ட்சன்	32 eV, 1 ராண்ட்சன்
: 26	பார்க்கர் (H.M. Parker 1910—) எனத் திருத்துக	
: b 3	d	b
462 : 3	egs	cgs
: 11, 12	×, தற்	x, தற்-
: 15	எனவே1 rep	எனவே 1 rep
: 20	கூற்றெண்ணை	கூற்றெண்ணை
: 24	(	(நீக்குக)
463 :	L, M, N, T, P, I, h, n	*L, M, N, T, P, I, h, n*
: 2	gr	g r
: 9, 13	Cgs, அளவு	cgs, அளவு-
: 17	Ckg^{-1} s^{-1}	$C\ kg^{-1}$ s^{-1}
464 : 6, 15	10000, 40MeV	10 000, 40 MeV

பக்கம் : வரி	பிழை	திருத்தம்
464 : b 5	செ.மீ.	செமீ (cm)
465 : 6	ஒளி இயைபியல்	ஒளிஇயைபியல்
	photo chemical	photochemical
: 10,11,19,21	N, h, E, m, c	*N, h, E, m, c*
: 16	Radio Activity	radioactivity
466 : 2	Disintegration	disintegration
: 9	radio active	radioactive
: b 2	emanation	emanati*on*
467 : 15, 25	மில்லி கியூரி	மில்லிகியூரி
: 28	R. E	r, e
468 : 5-6, 15	C, R, P, F, D	c, r, p, f, d
: 23	அணுப்	அணுவைப்
469 :	N, n, L, T, b; E, u	*N, n, t, T, b ; E, U*
: 2, 3, 13, 25	V, E, I, C, R, C, M	v, e, i, c, r, c, m
: 7	N_i	N_I
470 :	D, K, L, M, T b, e, p	*D, K, L, M, T ; b, e, P*
470 : b 1	Nm^{-2}	$N\ m^{-2}$
: b 3	m_n	m m

குறிப்பு: பக்கம் 1 முதல் 470 வரையில் ஆன முதன்மைப் பகுதிக்கான பிழை—திருத்தம் இது. இதன் அடிப்படையில் பின்னிணைப்புப் பகுதி 471 முதல் 624 வரையில் ஆன பிழைகளை அறிந்து திருத்திக் கொள்ளலாம்.